FACOLTÀ DI INGEGNERIA

RELAZIONE PER IL CONSEGUIMENTO DELLA
LAUREA SPECIALISTICA IN INGEGNERIA GESTIONALE

Implementazione delle tecniche di Manutenzione Autonoma nell'ambito TPM nei Reparti di Assemblaggio di Sistemi Sterzanti dello Stabilimento TRW di Livorno

---

RELATORI

Prof. Ing. Gino Dini
Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Nucleare e della Produzione

Ing. Sandro Bulleri
TRW Automotive Italia

IL CANDIDATO

Valentina Masiello

Anno Accademico 2009/2010

Sommario

Il presente lavoro di tesi nasce dall'attività di stage svolto presso lo stabilimento TRW Automotive Italia di Livorno, azienda metalmeccanica specializzata nella produzione di sistemi sterzanti per autoveicoli. Lo scopo del lavoro è stato quello di introdurre i principi fondamentali del Total Productive Maintenance, attraverso l'introduzione della Manutenzione Autonoma nel reparto di assemblaggio Guide Meccaniche.

Per la realizzazione di un'attività strutturata di manutenzione autonoma si è proceduto con l'analisi degli indici di efficienza delle linee - in particolare dei valori di OEE e di disponibilità - in modo da individuare le criticità tecniche delle macchine; dopodiché sono stati identificati gli strumenti necessari a rendere operativa la manutenzione autonoma nel reparto. Infine per addestrare e motivare il personale di linea direttamente coinvolto nel progetto sono stati realizzati dei corsi di formazione.

Al termine del lavoro è stata definita una procedura standard di implementazione della Manutenzione Autonoma già avviata nel reparto di Assemblaggio Guide Meccaniche ed estendibile ai restanti reparti dello stabilimento.

Abstract

The present thesis is the result of a project developed at TRW Automotive located in Livorno, a plant of almost 500 people that produces steering systems for motor vehicles. The aim of the project was to introduce the TPM fundamental principles, focusing on the Autonomous Maintenance in the Mechanical Steering assembly department.

Autonomous Maintenance implementation has included several activities: firstly an analysis of the current level of the lines performance - in particular of OEE and availability values - has been carry out in order to identify machines failures; after this the tools needed to make Autonomous Maintenance operational in the department have been defined. Finally a training course has been given to motivate the line staff involved directly in the project.

At the end of the work a standard procedure of Autonomous Maintenance implementation started in the Mechanical Steering assembly department which has been supposed to be extended into the remaining departments of the factory has been defined.

Indice

Introduzione

Negli ultimi anni le aziende hanno assistito ad un repentino cambiamento dello scenario operativo: la globalizzazione dei mercati, l'attenzione alla qualità del prodotto, l'imprevedibilità della domanda, l'accorciamento del ciclo di vita dei prodotti, l'elevata concorrenza hanno costretto le realtà industriali a essere sempre più competitivi raggiungendo livelli di performance sempre maggiori.

La necessità di cambiare, nel senso di migliorare le proprie prestazioni, ha indotto tutte le grandi aziende occidentali a sviluppare nuovi modelli gestionali, spesso adottando quelli giapponesi quali il TQM, il Kaizen e il JIT, ed a cercare di renderli operativi supportandoli con metodi e strumenti efficaci.

Anche la TRW Automotive Corporation di cui fa parte lo stabilimento TRW Italia S.p.A. di Livorno, presso cui si è svolto lo stage da cui ha avuto origine questo elaborato, vive in questi anni un profondo cambiamento organizzativo e operativo in ottica "lean production".

E il perfetto funzionamento del macchinario è un fattore indispensabile in un sistema produttivo sempre più snello. Ne deriva che il modello della Produzione Snella, centrato sulla tempestiva capacità di assorbire le varianze e migliorare i processi da parte dei team di produzione, trova nel TPM una metodologia totalmente coerente.

In questo contesto la manutenzione, un tempo vista quasi esclusivamente come centro di costo di cui non si poteva fare a meno, sta assumendo all'interno delle aziende un ruolo sempre più strategico, in virtù degli effetti che può avere sulla gestione dei fattori produttivi, sulle prestazioni del sistema e sulla qualità del prodotto finito.

In tal senso, lo sviluppo e l'applicazione delle tecniche di manutenzione preventiva e predittiva e le metodologie introdotte dalla Total Productive Maintenance rispondono alla duplice esigenza di ottenere una maggiore efficienza della manutenzione, sia in termini operativi che economici, ed una riduzione dei fermi macchina causa guasto. All'interno delle grandi multinazionali si sta facendo largo il concetto di manutenzione non più vista come una serie di interventi tecnici occasionali, ma come un anello fondamentale integrato nel ciclo produttivo dell'azienda stessa. La manutenzione cambia accezione: da attività semplicemente "riparativa" a "servizio aziendale" indispensabile per programmare e garantire nel tempo il mantenimento della qualità e della scurezza. In questo modo la manutenzione esce dall'ambito puramente tecnico-operativo per assumere valenze di carattere programmatorio, strategico e organizzativo. Conseguenza di tale cambiamento è la necessità di una ridefinizione del suo ruolo, dei suoi operatori dei suoi strumenti e delle sue procedure: l'aspetto manutentivo oggi si traduce nella capacità i prevedere e gestire programmaticamente lo stato di qualità, attraverso sia azioni di contrasto del degrado fisico sia azioni di adeguamento al mutare delle esigenze tecnologiche e di garantire la sicurezza sui luoghi di lavoro. In questa nuova concezione della manutenzione si instaura il concetto di Manutenzione Autonoma, uno degli aspetti principali e innovativi portati dal TPM. Infatti l'aspetto strategico della politica della Manutenzione Produttiva Totale è quello di introdurre nuove logiche manutentive e gestionali utilizzando il personale di linea: le attività manutentive vengono trasferite all'operatore stesso dell'impianto creando una mentalità che si potrebbe esprimere in questi termini: «Devo essere io a prendermi cura della mia macchina!».

In tale contesto si colloca il progetto TPM, frutto del lavoro di stage di 5 mesi presso l'azienda TRW di Livorno. Il progetto è consistito nell'introduzione all'interno dello stabilimento delle attività e degli strumenti tipici della Manutenzione Autonoma, con l'intento di diffondere questa nuova filosofia all'interno dell'azienda e facilitare il passaggio verso una presa di coscienza e di responsabilità da parte degli operatori di produzione in merito alle tematiche della manutenzione.

Nei capitoli che seguiranno, dopo una descrizione dell'azienda TRW e dei processi di assemblaggio in essa svolti, saranno affrontate le tematiche della Lean Production, della Gestione della Manutenzione e del Total Productive Maintenance, per poi descrivere nel dettaglio le attività che sono state svolte per l'implementazione di un piano di manutenzione autonoma coerente con le specificità della realtà cui si fa riferimento.

Capitolo 1: Presentazione dell'azienda

1.1 **L'azienda TRW**

La TRW Automotive è una società multinazionale strategicamente focalizzata nel fornire prodotti e servizi ad alto contenuto tecnologico ed ingegneristico per il mercato automobilistico, spaziale, della difesa e informativo. La società impiega ad oggi 66.000 dipendenti in tutto il mondo, distribuiti in 23 paesi ed in 131 principali stabilimenti (circa 300 in totale), di cui circa il 22% dei dipendenti TRW è in Europa (*Figura 1.1*).
La sede centrale è Cleveland in Ohio (USA).

Figura 1.1 – TRW nel mondo.

Il suo fatturato si ripartisce per più della metà nel settore automobilistico, dove TRW è uno dei principali produttori di:

- Sistemi di direzione (sterzi),
- Sistemi di sospensione per vetture,
- Sistemi di sospensione per motore,
- Sistemi di sicurezza per passeggeri (Cinture, Air Bags),
- Sistemi e dispositivi elettrici ed elettronici,
- Elementi meccanici per l'assemblaggio,
- Componenti per motori.

1.2 **Storia del gruppo TRW**

L'azienda capostipite della TRW nasce a Cleveland (Ohio, USA) nel 1901 con il nome Cleveland Cap Screw Company; il primo presidente è David Kurtz. La società originariamente produce valvole motore ed organi di collegamento.

Poco dopo la nascita del primo stabilimento, per l'esattezza nel 1904, Charles Thompson intuisce che avrebbero potuto trarre sostanziali vantaggi nel produrre valvole motore forgiando la testa sullo stelo; questa sua idea trova l'immediato consenso di Alexander Winton, costruttore di autovetture, che di lì a poco acquista la Cap Screw affidandone la direzione generale proprio a Thompson: in quella circostanza nasce la Eletric Welding Company.

Riuscendo ad evolvere celermente le semplici tecnologie relative alla sua primaria produzione, anche grazie al fatto di aver da subito intuito le gigantesche potenzialità dell'allora emergente industria dell'automobile, la società riesce a garantirsi in poco tempo dei concreti vantaggi concorrenziali sia in termini qualitativi, che in termini di costi.

Di lì a poco la linea dei prodotti si espande fino ad abbracciare le valvole dei motori per gli aerei, utilizzate, in seguito, dagli aeroplani da guerra alleati durante il primo conflitto mondiale; nel 1915, infatti, Thompson rileva la Eletric Welding Company rinominandola Steel Products e focalizzando maggiormente la produzione sul settore aeronautico. La proprietà della società è poi acquisita dal dipartimento della difesa americano dando vita alla TAPCO (Thompson Aircraft Products Company).

Nel 1953 Simon Ramo e Dean Wooldridge, due giovani scienziati specializzati in missilistica, fondano, grazie anche al supporto fornito dalla Thompson Products, la The Ramo-Wooldridge Corporation specializzandosi in sistemi d'ingegneria per i programmi balistici.

Nel 1958 la Thompson Products entra nei mercati in espansione dell'elettronica e della difesa andando a fondersi proprio con la Ramo-Wooldridge Corporation di Los Angeles. È questa fusione che genera la Thompson Ramo Wooldridge, oggi TRW (il nome per esteso viene conservato fino al 1965).

Negli anni il business della componentistica auto di TRW si arricchisce di altre linee di prodotti. Tra questi i sistemi sterzanti, attraverso la fusione con Ross Gear e Tool Company, e l'elettronica con l'acquisizione della United Carr (1965).

Una rapida successione di pietre miliari dell'industria segna il ricordo degli anni '60. Troviamo il primo sistema frenante a disco nel Nord America, lo sviluppo di un sistema sterzante a cremagliera (1967) ed anche il primo dispositivo elettronico di antibloccaggio della ruota (ABS). Gli anni '70 e '80 vedono un'ulteriore espansione della TRW Automotive verso nuovi business e nuove tecnologie. Nel 1972, con l'acquisizione della società Repa in Germania, si affaccia al mercato dei sistemi di ritenuta passeggeri e nello stesso anno introduce la guida con asservimento idraulico, di cui ancora oggi è leader mondiale, nonché la prima Colette caliper e il primo sistema ABS su due ruote per veicoli commerciali. Sviluppa inoltre il primo sistema di apertura portiere a distanza (telecomando) e nel 1989 commercializza il primo sistema di protezione airbag frontale, completo di sensoristica.

Nel 1996 la crescita del business dei sistemi di sicurezza passiva viene ulteriormente rafforzata con l'acquisizione della linea airbag e volanti della società Magna International.

TRW diventa così leader indiscusso nella produzione di cinture, volanti ed airbag sia nel Nord America che in Europa.

Nel maggio 1999, TRW completa l'acquisizione di Lucas Varity. Con questo nuovo business TRW si posiziona come leader globale nei sistemi integrati di controllo del veicolo (sospensioni, sterzo elettrico, sistemi antibloccaggio, controllo della trazione e della stabilità,), rafforzando anche la propria posizione di leader nei sistemi di sicurezza passiva.

La TRW Automotive è entrata nel nuovo millennio come leader mondiale nella sicurezza dei veicoli, vantando una delle più vaste gamme di prodotti ad alto contenuto tecnologico per la sicurezza attiva e passiva, nonché confermando la sua posizione nello sviluppo della dinamica del veicolo, dei sistemi di assistenza alla guida, dei sistemi frenanti, degli airbag e delle cinture di sicurezza, dell'elettronica e di ogni sistema di software atto a migliorare la sicurezza e il confort dei veicoli di domani.

Oggi la TRW Automotive ha stabilimenti produttivi in tutti i continenti e grazie a questa dimensione multinazionale ha raggiunto una posizione di leadership in molti mercati.

Gli stabilimenti TRW nel mondo sono così distribuiti:

- Nord America: Stati Uniti (Arizona, Illinois, Indiana, Michigan, Minnesota, Missouri, New York, Ohio, Tennesse, Texas, Virginia, Wyoming), Canada e Messico;
- Sud America: Brasile, Venezuela;
- Europa: Belgio, Francia, Germania, Italia, Gran Bretagna, Polonia e Svezia;
- Asia: Cina, Giappone, Singapore, India, Corea, Malaysia, Taiwan, Tailandia, Turchia;
- Africa: Sud Africa, Tunisia.

1.3 **Il Settore Automobilistico**

La produzione del settore automobilistico TRW abbraccia una delle più ampie linee di prodotti che comprende valvole motore e componenti del sistema valvole, sistemi frenanti, controlli elettrici ed elettronici, sospensioni, dispositivi e sistemi di fissaggio per automobili, autocarri, autobus e fuoristrada, sistemi di sicurezza e ritenuta passeggeri (compresi airbag e cinture di sicurezza), componenti del motore, pezzi di ricambio e sistemi commerciali sterzanti.

I suoi prodotti sono venduti in tutto il mondo ai costruttori di primo impianto, ma soprattutto TRW Automotive è un'azienda che progetta, produce e integra moduli e sistemi che fanno fronte alla crescente richiesta dei costruttori di automobili per un assemblaggio più rapido, costi totali più bassi ed elevate performance.

Nel 1993, anche grazie alla sua polivalenza, la società riesce a mantenere la competitività del suo settore automobilistico nonostante la crisi economica conosciuta in Europa.

Attualmente non sono pochi i significativi programmi di riduzione dei costi e miglioramento di produttività messi in cantiere; la tendenza è, infatti, quella di consolidare costantemente le

proprie attività focalizzando le proprie produzioni e migliorando l'efficienza della forza lavoro a disposizione.

Il gruppo dispone di centri mondiali di ingegneria sia per prodotti inerenti i sistemi sterzanti, che per prodotti relativi alle sospensioni con responsabilità allocate nelle diverse aree geografiche. TRW si avvale anche di un proprio centro per la tecnologia automobilistica localizzato in Redondo Beach (California) che dispone delle tecnologie più avanzate per la celere risoluzione delle eventuali problematiche del cliente. Il suddetto centro si trova ad utilizzare la tecnologia del settore spazio e difesa che arricchiscono gli studi relativi al settore automobilistico. Tutto ciò mediante il costante lavoro di circa 10.000 ingegneri e scienziati.

Di seguito si descriveranno le attività svolte dai vari comparti costituenti la TRW Automotive.

TRW Automotive Aftermarket Operations (ossia il comparto post-vendita automobilistico della TRW) risulta essere oggi un fornitore di parti di ricambio e servizi di supporto diagnostico e tecnico non poco importante, sia per i produttori di autovetture, sia per l'aftermarket automobilistico indipendente. L'attività comprende la consegna di una vasta gamma di parti di ricambio, relativa a sistemi elettrici ed elettronici e di frenaggio per veicoli leggeri; inoltre questa frangia d'attività si completa con servizi diagnostici ed attrezzatura per test.

Il comparto dei *sistemi di frenaggio* comprende il mercato di maggior rilievo e fornisce una gamma omnicomprensiva di materiali per frizione e per sistemi idraulici, sia per automobili che per camion leggeri. È certo che il frenaggio presenta una complessità sempre crescente e, per venire incontro a ciò, TRW ha ampliato le sue maglie riuscendo a coprire le esigenze d'officina in tutta Europa e sostenendo in maniera rilevante il mercato indipendente delle riparazioni della stessa. L'attività condotta in questi ambiti dall'azienda in questione si basa su programmi all'avanguardia che si trovano a rispondere ad ogni nuova esigenza elettronica dei veicoli in questione, ed è quasi unanimemente riconosciuta tra le migliori nel settore.

Il comparto *Chassis System* (avantreno) di TRW è un fornitore totale che detiene tutte le capacità necessarie alla fabbricazione ed al montaggio di sospensioni, sterzi e freni, componenti motore e braccetti. Quest'ultimo detiene addirittura la leadership mondiale in sistemi integrati di controllo dei veicoli e dei sistemi di telai modulari. Con più di 125 filiali in 24 paesi di 5 continenti offre una gamma completa di componenti, sistemi e moduli "wheel-towheel" (tra ruota e ruota). I prodotti comprendono sistemi e componenti sterzanti manuali, il più ampio portafoglio di sistemi sterzanti assistiti elettronicamente (EAS: Electrically Assisted Steering), sistemi avanzati di frenaggio e sistemi di controllo del veicolo (ABS, stabilità del veicolo), sistemi di frenaggio convenzionale e componenti relativi alle

sospensioni ed alla trasmissione. In relazione allo sviluppo ed alla fabbricazione dei sistemi integrati sterzanti, per veicoli commerciali, siamo a livelli di leadership mondiale, con una vastissima attività correlata che interessa le trasmissioni, la minuteria e le varie giunture garantendo sistemi completi ed autosufficienti per le autovetture. L'attività relativa ai componenti del motore fornisce più di 300 milioni di valvole l'anno, andando a raggiungere posizioni di rilievo a livello mondiale con una forte presenza oltre che in America, in Europa ed in vari altri mercati attualmente in espansione in tutto il mondo.

Il ramo *Chassis Systems Commercial Steering* (veicoli commerciali), oltre ad essere ai vertici mondiali, ha fornito e tuttora fornisce prodotti di estremo spessore tecnologico ed un servizio di qualità, questo anche avvalendosi di un'organizzazione globale che assicura l'affidabilità del prodotto in ogni mercato nel quale lo stesso è presente. TRW è attualmente il più grande produttore indipendente al mondo di guide a cremagliera, giunti sferici per sospensioni, tiranti per guide e guide idrauliche integrali; si ricorda che, proprio per quanto riguarda le guide a cremagliera, la società ha svolto in Inghilterra nei primi anni Sessanta il ruolo di pioniere.

L'attività relativa alla tecnologia elettronica (ramo *Electronics*) è ad uno stadio avanzato e rappresenta un valido aiuto per i costruttori di autovetture di tutto il mondo nelle loro produzioni, permettendo, oltre che una buona estetica, veicoli più sicuri e gradevoli da guidare. La TRW è, infatti, tra i 5 principali fornitori indipendenti di elettronica automobilistica nel mondo ed offre, in campo industriale, una vasta ed avanzata linea di prodotti che, lo ricordiamo, dal 1999 si è arricchita delle capacità tecniche della Lucas Varity.

Il ramo *Chassis Systems Engine Components* (componenti motore) fornisce in tutto il globo valvole da oltre 90 anni; questa lunga presenza sul mercato ha permesso di sviluppare una stabile e forte posizione con la quale la TRW rende possibile una diversificazione nella fornitura delle valvole che comprende auto, camion, attrezzature agricole, motori industriali, aerei leggeri, navi, motociclette e furgoni. Il gruppo motori TRW è fornitore della maggior parte dei produttori di motori a 4 valvole per cilindro nel Nord America ed Europa, nonché dei costruttori giapponesi (anche operanti in Europa e Nord America) e degli altri paesi asiatici. Considerando anche le affiliate, vengono prodotte oltre 200 milioni di valvole all'anno, raggiungendo la leadership anche nello sviluppo dei nuovi materiali per le valvole stesse.

Per quanto riguarda, invece, il comparto *Engineered Fasteners* (letteralmente progettazione fissaggi) prevede la messa a disposizione ai clienti di valide soluzioni sia standard che più creative, anche con sistemi di fissaggio che si avvalgono di materiali, come la plastica, progettati su misura per il cliente. Un'ampia strategia di standardizzazione ed una

buona capacità nel "test" dei prodotti dà la possibilità alla TRW di andare incontro alle esigenze specifiche del cliente in modo estremamente celere.

L'ultimo comparto relativo al settore Automotive di cui la TRW si compone è quello che interessa i sistemi di sicurezza per i passeggeri: ossia il *TRW Occupant Safety Systems*. Il mercato odierno è molto focalizzato sulla sicurezza, ed i sistemi integrati della TRW garantiscono ai costruttori mondiali di autovetture un buon vantaggio competitivo in questo senso: il risultato finale si è, negli anni, dimostrato dotato di buona sicurezza ed efficacia. Attualmente il livello di fornitura raggiunto dall'azienda, in relazione proprio ai sistemi di trattenimento dei passeggeri, è tra i più alti nel mondo e ricordiamo che l'azienda qui in analisi è stata tra i pionieri nello studio delle tecnologie relative all'air bag, alle cinture di sicurezza ed ai sensori d'urto. La domanda di questo tipo di sistemi è in espansione e risulta quindi ancor più necessario sviluppare un'attività che riesca nella massimizzazione delle performance e nel contempo nella minimizzazione dei costi; questo, anticipando la concorrenza, al fine di assorbire il più possibile le richieste relative a questo importante mercato. Per questo la TRW continua a convogliarvi parte dei suoi sforzi riuscendo anche a contribuire all'aumento della sicurezza per i passeggeri, sempre però senza renderla eccessivamente costosa, con tecnologie votate alla protezione dagli impatti sia frontali che laterali, cinture di sicurezza avanzate, sistemi di sensori altamente sofisticati e rapidi, non scordandosi di curare il sempre importante, seppur secondario, lato estetico. Oggi la TRW è attivamente impegnata nella realizzazione del sistema completo di trattenimento con uno sforzo che va dallo studio dell'iniziale modello matematico del prototipo, alla simulazione al computer: tutto ciò nella ricerca di un funzionamento d'insieme dei componenti sforzandosi nell'ottenere un unico sistema che generi performance di alto livello.

In definitiva, la strategia di base, perseguita dalla TRW Automotive, si concretizza nella focalizzazione sui mercati significativi di automobili e veicoli industriali leggeri, medi e pesanti, sia nel primo equipaggiamento che in relazione ai ricambi dove è realmente possibile sviluppare un significativo vantaggio competitivo. La leadership è perseguita in termini di sviluppo di nuovi prodotti, qualità, costi competitivi e valore globale consegnato al cliente.
Vi è, inoltre, una spinta verso l'accrescimento dell'enfasi rivolta verso la fornitura di produttori giapponesi, particolarmente in Nord America ed Europa, ed una spinta nel rafforzare la propria posizione anche in Brasile ed in Asia/Pacifico.

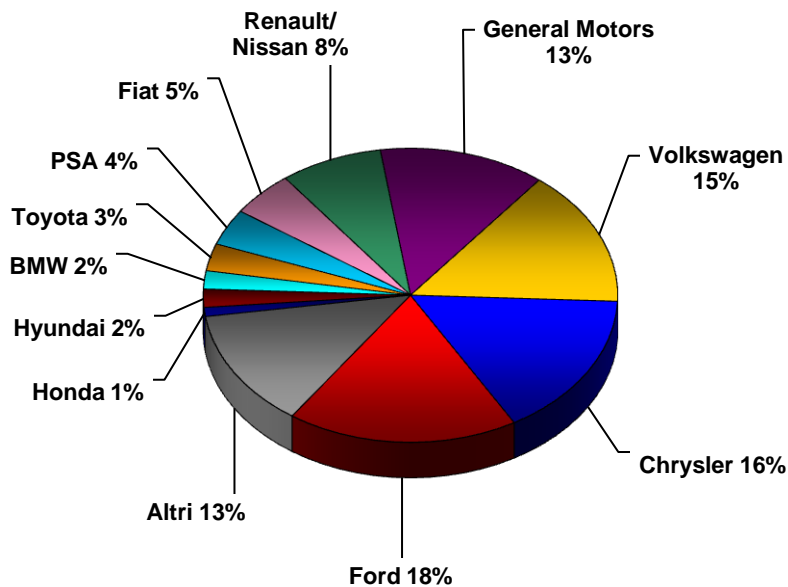



Fig. 1.2 – Distribuzione della fornitura.

1.4 **La TRW Automotive in Italia**

La TRW Italia è un’azienda del gruppo TRW Inc. all’interno del settore “Automotive” e più precisamente del comparto “Chassis system”.

1.4.1 **Lo stabilimento di Gardone Val Trompia**

La TRW Italia inizia la sua attività nel 1965 in Gardone Val Trompia (Brescia) quale sussidiaria della Cam Gears Ltd. (UK), azienda leader nella tecnologia della guida a cremagliera, un sistema di guida tecnologicamente avanzato e molto competitivo rispetto ai sistemi di guida a vite allora usati; la società è successivamente acquisita dalla stessa TRW.
Lo scopo iniziale della società è quello di produrre sistemi di guida meccanici per il mercato del sud Europa e camme e leveraggi per l’industria dei trattori. Le primissime produzioni di guide meccaniche sono destinate alla “Primula” e alla “Fiat 128” per poi assorbire tutte le altre vetture Fiat a trazione anteriore.
Attualmente lo stabilimento di Gardone Val Trompia (direzione, uffici e produzione) si estende su un’area di 15.000 metri quadrati, impegna circa 600 persone e produce ed assembla valvole e componenti per guide idrauliche. Lo staff di ingegneria industriale supporta e garantisce tutte le attività relative alla definizione del prodotto e del processo produttivo.

1.4.2 **Lo stabilimento di Livorno**

Lo stabilimento di Livorno (*Figura 1.3*), dove attualmente ha vita la produzione della TRW Italia, nasce nel 1936 con la costituzione della Spica S.p.A (Società Pompe Iniezione Cassani & Affini) e si occupa della progettazione e della fabbricazione di impianti ad iniezione per motori Diesel e prodotti affini destinati ai motori a combustione interna. Nel 1941 il pacchetto azionario della Spica viene acquisito dalla Alfa Romeo che si garantisce una produzione di componenti estremamente coincidente con le proprie esigenze. La Spica, che a quell'epoca si sviluppava su un'area coperta di circa 4.500 m², si avvaleva di un organico di circa 410 dipendenti.

Figura 1.3 – Lo stabilimento di Livorno.

La produzione, anche stimolata da un costante aumento del fabbisogno di equipaggiamenti ad iniezione Diesel da installare sui veicoli industriali dell'Alfa Romeo e di altre case motoristiche, viene rapidamente incrementata, dando luogo all'esigenza di raddoppiare l'area coperta e di potenziare l'organico: nel 1962 vi è un ulteriore intervento di ampliamento dello stabilimento, la superficie coperta passa ad oltre 17.000 m² e l'organico a 850 dipendenti.
Gli anni seguenti sono caratterizzati da profondi mutamenti avvenuti sia nel mercato dei veicoli, sia nel contesto dei produttori nazionali ed esteri di apparati di iniezione. Tali mutamenti portano a varie modifiche nello sviluppo dell'azienda, che si orienta verso una produzione più diversificata, relativa al mercato della componentistica di qualità per autovetture. Nel 1964 si sviluppano la progettazione e la successiva messa in produzione di pompe meccaniche per iniezione benzina, nate da uno studio su prototipi iniziato già due anni prima, cioè nel 1962; nell'anno successivo alla suddetta produzione si ha la totale cessazione della fabbricazione di pompe per motori Diesel.
Gli anni Settanta segnano per lo stabilimento l'incremento delle attività nel settore dei componenti per auto, il sostanziale accrescimento dell'organico ed il trasferimento localizzativo che dà all'attività quell'ubicazione che ancora oggi permane.

Questa nuova ubicazione si sviluppa su una superficie di 190.000 m², di cui 40.000 coperti, che accoglie reparti produttivi e relativi servizi; altri 9.500 m² si trovano ad essere destinati agli uffici amministrativi. Il nuovo organico raggiunge le 1.800 unità.
Lo stabilimento, concepito sulla base degli allora più aggiornati criteri di funzionalità e del pieno rispetto delle esigenze ecologiche del tempo, si trova ad essere estremamente dotato ed annovera al suo interno una centrale elettrica di smistamento media tensione, una centrale termica per la produzione di vapore ed acqua surriscaldata, una centrale compressori aria, una centrale per trattamento e il riciclo dell'acqua industriale, una centrale di controllo e misura metano, una centralina di controllo aerazione e filtraggio aria, un impianto automatico di estrazione e trattamento oli e trucioli.
Nel 1987 abbiamo la svolta con l'acquisizione da parte di Fiat Auto del gruppo Alfa Romeo; quindi la stessa Spica passa sotto il controllo di Fiat, anche se la ragione sociale per una fase di transizione che arriverà fino al 1992 sarà Alfa Lancia. L'evoluzione in atto parte da alcuni trasferimenti di lavorazioni Fiat nello stabilimento livornese: questo infatti risulta essere estremamente esteso e quindi adeguato, nello sfruttamento ottimale dei suoi caratteri logistici, a recepire lavorazione di minuterie magari ritenute ingombranti in altri stabilimenti, fungendo così, in un certo senso, anche da "polmone" per la Fiat stessa. I trasferimenti iniziali interessano:

- manicotti;
- ghiere;
- perni a sfera;
- supporti contachilometri;
- guide valvola;
- montaggio sospensioni per Tipo.

I due anni successivi vedono prima la progettazione e la costituzione pre-serie delle guide meccaniche con cremagliera a rapporto variabile per Fiat Punto, e poi l'acquisizione della lavorazione degli alberi inferiori completi e dei supporti albero superiore.
Nel 1994, in preparazione alla già prevista cessione delle attività alle società TRW prende inoltre avvio la produzione di guide meccaniche a rapporto variabile per Fiat Punto, e si ha l'acquisizione da parte della TRW dei montaggi per guide idrauliche (per Tipo, Van, Ducato, Punto etc.) e meccaniche (Tofas/Turchia).
Il primo Marzo del 1995 TRW Italia S.p.A acquisisce lo stabilimento Fiat Auto di Livorno ricevendo dalla stessa il ramo aziendale delle guide meccaniche.

Attualmente lo stabilimento livornese di TRW Italia si sviluppa su di una superficie di 57800 mq ed occupa circa 600 persone.
All'interno dell'impianto sono realizzate le lavorazioni meccaniche di cremagliere e tiranti, e vengono effettuati gli assemblaggi di guide meccaniche, guide asservite idraulicamente e guide asservite elettricamente. I principali clienti sono FIAT, ALFA ROMEO, LANCIA, OPEL, Gruppo PSA, FORD, PIAGGIO, IVECO e fiore all'occhiello si assemblano le guide per vari modelli di MASERATI, LAMBORGHINI e FERRARI.

1.5 **Il prodotto: le tre tipologie di sistemi sterzanti**

L'impianto sterzante o *sterzo* è l'insieme di elementi meccanici che garantiscono la direzionalità di un veicolo terrestre. Il conducente di un' autoveicolo che voglia cambiare direzione, applica una coppia di forze al volante dall'abitacolo, il moto del volante viene trasferito, attraverso un elemento rigido (piantone dello sterzo), ad una scatola in cui il moto rotatorio viene convertito in moto rettilineo e trasferito ai tiranti dello sterzo che agiscono direttamente sulle ruote che, cambiando direzione, diventano sterzanti.
I sistemi di guida delle moderne automobili possono differenziarsi in tre tipologie:

- esclusivamente meccanico: a pignone e cremagliera, a vite senza fine, con semplici snodi;
- meccanico a comando elettrico: servosterzo con relativo motore elettrico (EPS: Electric Power Steering);
- meccanico a comando idraulico: servosterzo con relativa pompa messa in funzione dall'albero motore.

Lo sterzo può essere:

- diretto: a piccoli movimenti del volante corrispondono piccoli movimenti delle ruote;
- demoltiplicato: a grandi movimenti del volante corrispondono piccoli movimenti delle ruote;
- combinato: una combinazione tra il sistema diretto e quello demoltiplicato, ad alte velocità maggiormente diretto, nelle manovre di posteggio demoltiplicato (più leggero).

Per ragioni di sicurezza in molti casi il piantone delle guide servoassistite è diviso in più parti ed uno degli elementi che lo compongono e' realizzato in modo da cedere in caso di urto frontale di una certa entità. Un piantone ad albero unico, in caso di impatto particolarmente violento, potrebbe penetrare all'interno dell'abitacolo, con possibili gravi lesioni al conducente.

La guida meccanica viene considerata un sistema di sicurezza, per questo deve rispondere a dei requisiti ben precisi:

- *Stabilità*: il sistema di guida deve consentire al guidatore di trovare con facilità la posizione centrale corrispondente alla marcia di direzione rettilinea; quando il volante viene rilasciato, il sistema deve consentire alle ruote di raddrizzarsi spontaneamente. Quindi la configurazione di neutra in marcia rettilinea rappresenta per il sistema di sterzo del veicolo una condizione di equilibrio stabile.
- *Reversibilità*: il sistema di guida deve essere dotato di un cinematismo che consenta il moto retrogrado, ovvero il volante deve seguire le ruote anche nel moto di ritorno alla posizione neutra.
- *Stabilità di direzione*: l'angolo di sterzo impostato sul volante non deve variare qualunque sia la causa, o comunque le variazioni devono essere contenute entro i limiti di progetto; questo vuol dire che, ad esempio, i moto delle sospensioni causati dalle irregolarità stradali non devono influenzare la direzione del veicolo.
- *Idoneo rapporto di trasmissione*: dalla riduzione dell'accoppiamento tra gli organi di guida della scatola di sterzo dipende il legame tra l'angolo di rotazione del volante e quello corrispondente alle ruote. La completa rotazione delle ruote deve essere eseguita né con un numero eccessivo di giri del volante (riduzioni più piccole), né con un piccolo angolo di rotazione che causerebbe un'eccessiva sensibilità (riduzioni elevate) e sforzi troppo elevati da parte del guidatore.
- *Gradevolezza e precisione*: per la gradevolezza non devono essere trasmessi al volante né urti né vibrazioni; per la precisione devono essere annullati il più possibile i giochi e le deformazioni in tutto il sistema, che potrebbe causare rotazioni a vuoto, scatti, e in generale, imprecisioni di guida. Imprecisione di guida (Il che) vuol dire avere, con la stessa posizione del volante, diverse configurazioni della tirante ria di sterzo e quindi diversi possibili angoli di sterzo alle ruote.

Lo stabilimento TRW di Livorno è suddiviso in tre reparti di assemblaggio di sistemi sterzanti e due reparti di lavorazioni meccaniche per la produzione di componenti destinati all'assemblaggio: le cremagliere e gli Inner Ball Joint. Di seguito viene data una breve spiegazione di questi due componenti.

- *Inner Ball Joint*: definito tirante interno. È il componente che permette la congiunzione tra la cremagliera e il tirante esterno. Il suo compito è appunto quello di permettere, in funzione dello scorrimento del pignone sulla cremagliera, al guidatore di "tirare" le ruote nella direzione desiderata in seguito all'azione volta sul volante. È l'elemento

che permette di effettuare la convergenza delle ruote. E’ costituito da un asta accoppiata ad un giunto sferico (*Figura 1.4)*

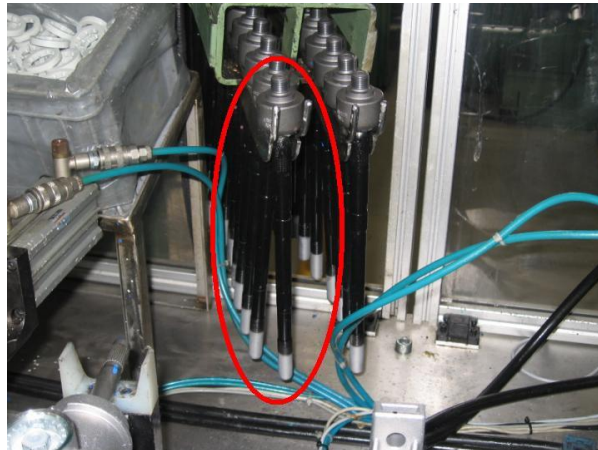



Figura 1.4 – Inner Ball Joint.

- *Cremagliera*: è l’organo che permette di trasformare il moto rotatorio, fornito dall’azione svolta dal guidatore sul volante, in moto lineare (*Figura 1.5*). All’interno delle stabilimento vengono lavorate due tipi di cremagliere: una utilizzata nell’assemblaggio delle guide meccaniche asservite elettricamente, l’altra tipologia per le guide idrauliche.

Figura 1.5 – Esempio di cremagliera meccanica prodotta nello stabilimento.

La guida meccanica (*Figura 1.6*) è costituita da una semplice guida a cremagliera, un pignone che ruota attorno ad un asse verticale e due OBJ che connettono i tiranti alle ruote del veicolo. La traslazione della cremagliera è compiuta per mezzo del pignone collegato dal piantone alla scatola sterzo. Più precisamente il guidatore applica una coppia sul volante della vettura, trasferita agli alberi di trasmissione e conseguentemente al pignone, il quale va ad ingranare sulla cremagliera la quale comanda la direzione delle ruote. Tutto questo avviene senza nessun asservimento.

Le guide meccaniche vengono montate quasi esclusivamente sulle autovetture più economiche.

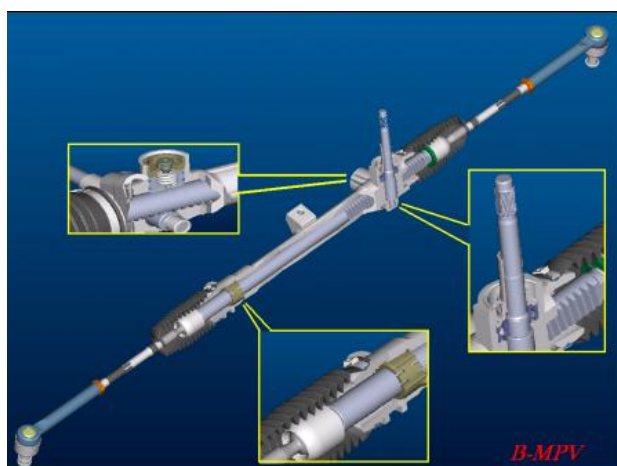



Figura 1.6 – La guida meccanica.

I sistemi EPS (Electric Power Steering) sono i principali sistemi di controllo dello sterzo oggi disponibili su autovetture di taglia medio/piccola. Il tradizionale servosterzo idraulico viene sostituito da un servo attuatore elettromeccanico, che agisce sulla linea sterzo in corrispondenza del piantone o della cremagliera.

Il livello di asservimento è gestito elettronicamente, in funzione della velocità veicolo e dell'angolo volante impostato, agevolando ad esempio le manovre di parcheggio pur mantenendo un "feeling" adeguato in marcia.

Come si può vedere dalla foto (*Figura 1.7*), installato a valle del volante è montato un blocco EPS, all'interno del quale è installato un motore elettrico di tipo Brushless ed un sensore "tipo encoder" che misura la coppia al volante esercitata dal guidatore e l'angolo di sterzo. Questi dati istante per istante vengono rilevati da un apposito sensore che li elabora e li invia sotto forma di segnali di comando al motore Brushless.

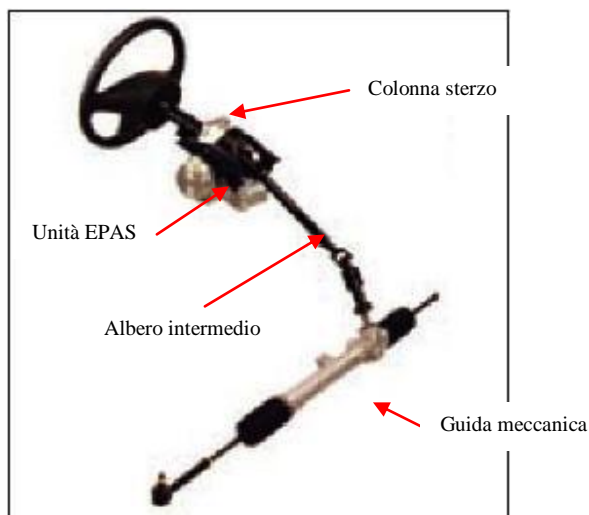



Figura 1.7 – Sistema sterzante EPS-

Il motore elettrico è di tipo rotativo ad induzione magnetica e non sono presenti contatti elettrici al suo interno. L'utilizzo di questo tipo di motore ha l'evidente vantaggio di diminuire al minimo gli attriti, l'inerzia e l'usura, con conseguente allungamento della vita utile rispetto ai motori asincroni tradizionali.

A valle del motore elettrico è presente un collegamento, tra albero e piantone, mediante ruota dentata/vite senza fine, meccanismo che opera una riduzione del numero di giri con conseguente aumento della coppia erogata dal motore elettrico stesso. Il sistema è governato da una unità elettronica di controllo (ECU) con alimentazione a 12 V in corrente continua (*Figura 1.8*).

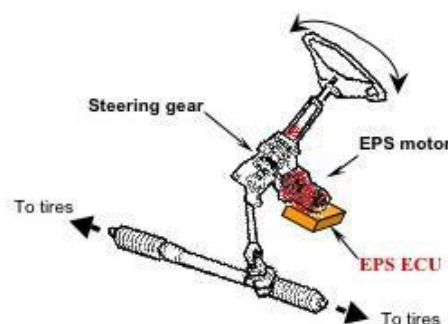



Figura 1.8 – Unità elettronica di controllo (ECU)

Il piantone di sterzo è composto da tre alberi collegati mediante giunti cardanici alla barra di rinvio tramite una scatola di sterzo con accoppiamento di tipo pignone/cremagliera.

La scatola dello sterzo è una scatola in lega leggera all'interno della quale è alloggiato un meccanismo che trasforma il movimento di rotazione dell'albero dello sterzo in spostamento dei tiranti (IBJ: Inner Ball Joint). Nella scatola dello sterzo avviene anche gran parte della riduzione tra la rotazione del volante e quella delle ruote direttrici, mediamente in un rapporto di circa 1/10 - 1/25 (25° di rotazione del volante per 1° delle ruote).

Il pettine della cremagliera ha i denti ravvicinati nella zona centrale, più diradati in quelle laterali e poi ancora ravvicinati nelle zone estreme per realizzare un rapporto di riduzione variabile. Al centro infatti è conveniente che lo sterzo non sia troppo diretto per non dare nervosità alla guida; per angoli più importanti è meglio avere rapporti che garantiscono rapidità di intervento; infine a tutto sterzo si torna a rapporti bassi per facilitare il lavoro del servosterzo o delle braccia nelle manovre di parcheggio (*Figura 1.9*).

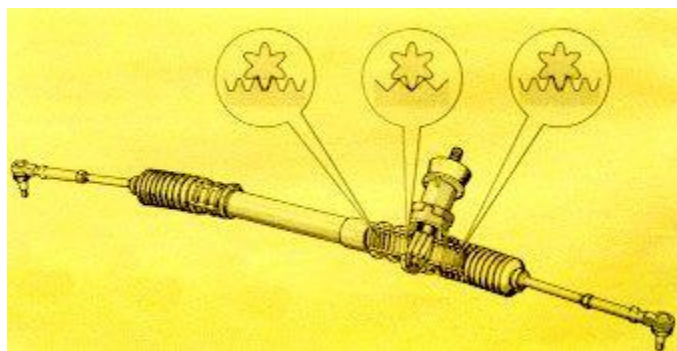



Figura 1.9 – Ingranaggio tra pignone e cremagliera.

I sistemi sterzanti a comando idraulico (*Figura 1.10*) sono costruttivamente più complessi dei precedenti in quanto si ha la presenza di tubetti montati sulla sede che permettono l'entrata e l'uscita dell'olio nelle camere formate dalla sede, dalla cremagliera, dal pistone e dalla guarnizione.

Il fluido giunge in pressione grazie all'utilizzo di una pompa idraulica ed è distribuito da una valvola in una delle due camere a seconda della direzione di sterzata (*Figura 1.11*).

Figura 1.10 – Sistema sterzante idraulico.

Il passaggio dell'olio in pressione tra una camera e l'altra in funzione della direzione di sterzata riduce così lo sforzo necessario al conducente durante la guida.

Il principio di funzionamento della cremagliera e dei tiranti è lo stesso descritto precedentemente nel caso delle guide con servosterzo elettrico.

Figura 1.11 – Schema di guida idraulica.

1.6 **Il processo di assemblaggio di un sistema sterzante**

Di seguito verranno illustrati i processi di assemblaggio di due delle tre tipologie di sistemi sterzanti realizzati in azienda, su cui saranno implementate le tecniche di manutenzione autonoma:

- guida meccanica,
- guida idraulica.

1.6.1 **Reparto guide meccaniche**

L'assemblaggio delle guide di tipo meccanico, ossia con il semplice ingranamento tra pignone e cremagliera a valle ed un eventuale asservimento di tipo elettrico a monte, avviene presso lo stabilimento TRW di Livorno sulle linee E0, E1, E2, E3, E4 ed E5.
Quest'ultime, in tutto sei, sono le linee dedicate all'assemblaggio delle guide per Fiat Grande Punto, Bravo e Idea, Lancia Musa, Y e Delta, Alfa Mito e per Opel Nuova Corsa.
Sono costituite da banchi disposti in serie di tipo manuale ed automatico, individuati con una numerazione in ordine crescente (10, 20, 30,..) con quattro o cinque operatori dedicati più il Team Leader e l'attrezzista in base al tipo di layout delle postazioni. Buffer intermedi permettono il polmonamento nel caso di flusso rallentato o di fermate.
Nella figura sottostante (*Figura 1.12*) è riportato il layout del reparto guide meccaniche:

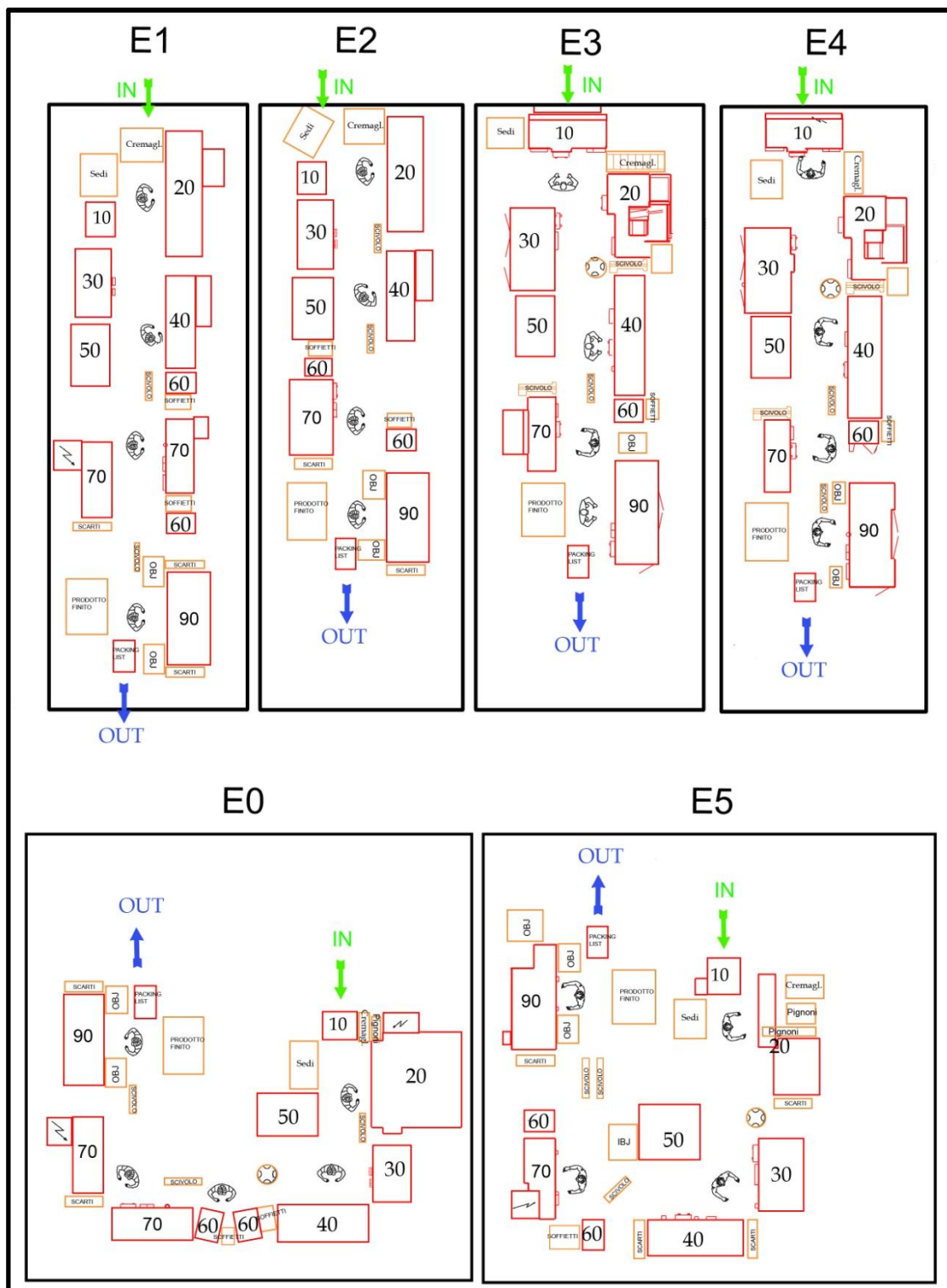
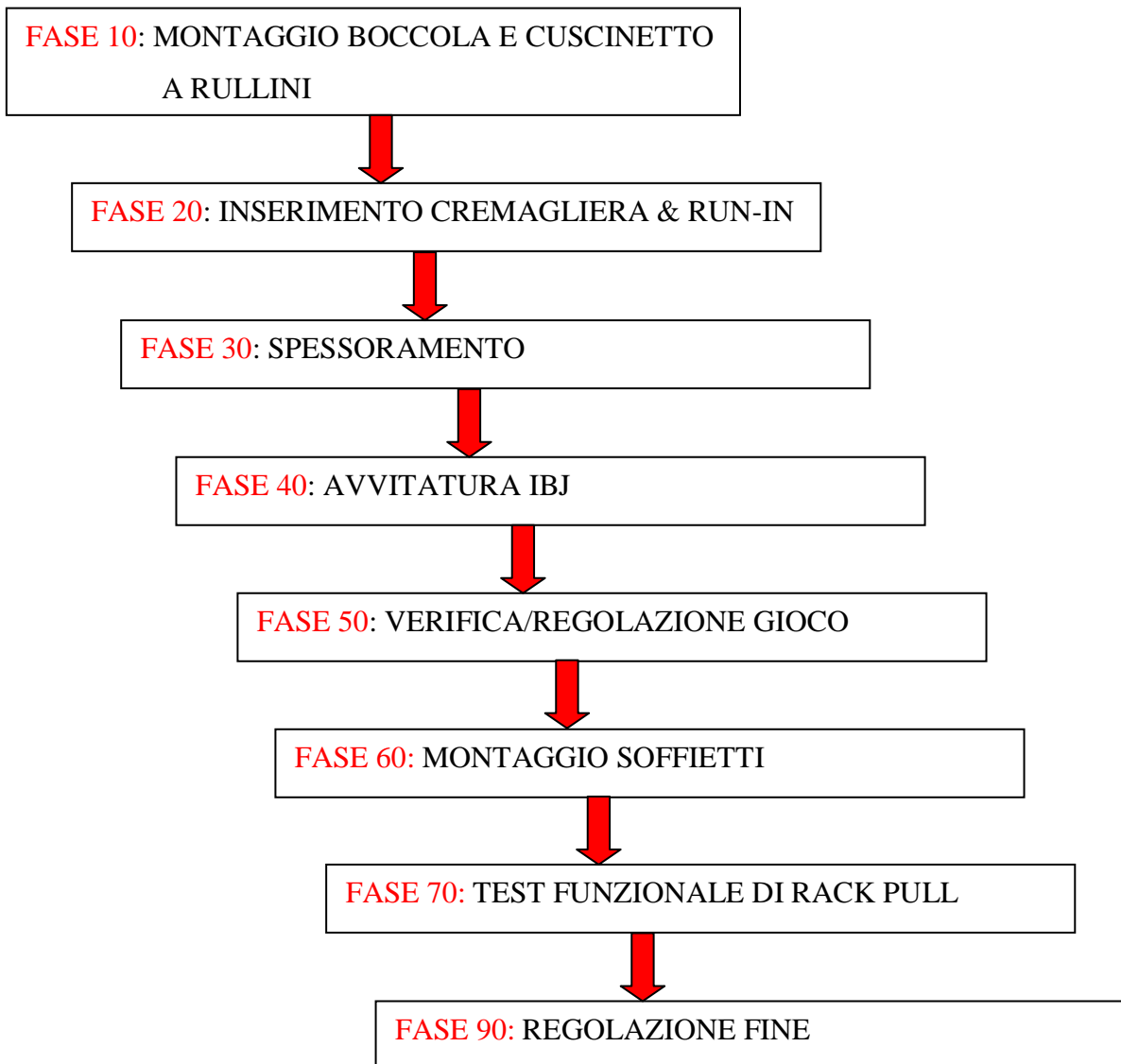



Figura 1.12 – Layout del reparto guide meccaniche.

Le fasi di assemblaggio sono:

Ogni operatore che ad inizio turno si trovi ad una postazione di lavoro provvista di un qualsiasi tipo di controllo Poka Yoke[1], ha a disposizione i primi cinque minuti per effettuare i controlli necessari per il corretto funzionamento e per compilare le apposite Check List riportanti l'avvenuto controllo.

Allo stesso modo gli ultimi cinque minuti del turno saranno a disposizione per effettuare le operazioni di pulizia previste dal "Piano Ordine e Pulizia – 5S".

Di seguito verrà illustrata la descrizione delle varie fasi e dei componenti utilizzati nel processo di assemblaggio.

---

[1] Validazione qualitativa degli impianti, volta a garantire le corrette condizioni di funzionamento delle macchine e quindi ad evitare che vengano commessi errori da parte degli operatori.

Alla prima postazione, l'addetto dovrà accertarsi che il codice del particolare corrisponda a quanto richiesto dalla distinta base.
L'approvvigionamento dei componenti ai relativi kanban è gestito da una società esterna.
Per la descrizione dell'assemblaggio si è presa a riferimento la linea E0, dedicata a Fiat Grande Punto e Nuova Opel Corsa.

Fase 10: <u>*Montaggio boccola e cuscinetto a rullini*</u>

Nella prima operazione di assemblaggio l'operatore, dopo aver sistemato la sede sulla macchina in corrispondenza degli appositi riferimenti, provvede ad effettuare il caricamento dei particolari che verranno piantati automaticamente.
I componenti interessati sono:
- l'o-ring,
- il cuscinetto a rullini (*Figura 1.13*),
- la boccola (*Figura1.13*).

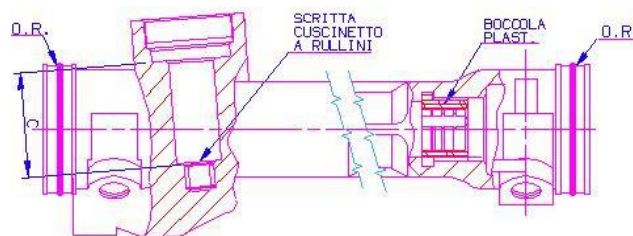



Figura 1.13 – Schema montaggio boccola e cuscinetto a rullini.

L'anello o-ring, montato manualmente dall'operatore, fa da tenuta tra la sede e soffietto assemblato successivamente. I restanti montaggi sono eseguiti automaticamente dal banco (*Figura1.14*).

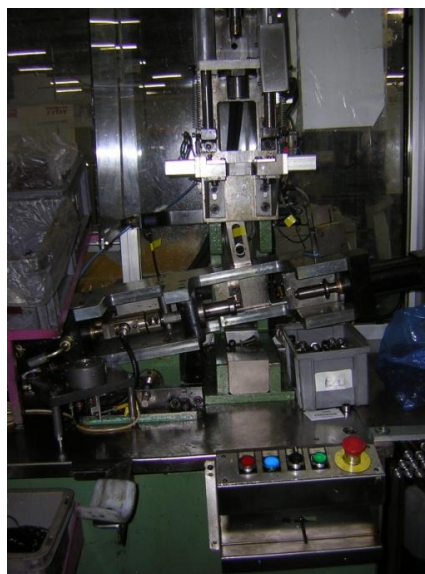



Figura 1.14 – Scorcio della stazione 10.

Quando sono state eseguite le varie operazioni, al consenso di zona libera, la sede viene prelevata e posizionata sull'apposito buffer intermedio situato tra la prima e la seconda stazione. Il deposito in questione ha una duplice funzione: la prima è quella di creare un appoggio per i pezzi prodotti in una posizione facilmente prelevabile dall'operatore della stazione successiva, la seconda è quella di avere la possibilità di creare il cosiddetto polmonamento. Quest'ultimo costituisce un elemento essenziale per il regolare svolgimento del flusso produttivo. In un processo a regime e perfettamente bilanciato, i pezzi escono contemporaneamente da ogni stazione e quindi sono subito disponibili per la stazione successiva. È ovvio che nella produzione reale il bilanciamento delle stazioni non è perfetto, inoltre se a ciò si aggiunge il tempo perso a causa di produzione di un pezzo scarto o per l'avvenire di un guasto, la stazione successiva a quella in cui si è verificato il problema rimane senza prodotto da assemblare. È evidente che se questa stazione avesse la possibilità di avere disponibili una piccola quantità di prodotti da assemblare il flusso della linea risulterebbe più flessibile. Da ciò è nata l'esigenza di predisporre tra le due stazioni un deposito pezzi che funzionasse anche da "polmone". I buffer presenti sulla linea E0 sono quattro e hanno una capacità massima di dieci WIP.

Fase 20: *Inserimento cremagliera & Run-in*

Nella seconda fase avviene il montaggio della cremagliera, dell'assieme pignone (precedentemente montato sulla stazione Cramen e Masmec), del tappo pignone e della lunetta. In ombra avviene il run-in che garantisce una distribuzione omogenea del grasso sull'assieme pignone-cremagliera, facendo percorrere alla cremagliera per cinque volte la sua corsa andata e ritorno. Durante l'ultimo ciclo viene effettuata la lettura del profilo (Profiling) del dorso della cremagliera; questa operazione è molto importante ai fini della funzionalità del prodotto in quanto il profilo rilevato è utilizzato alla stazione successiva per effettuare la regolazione del gioco tra la lunetta e cremagliera.

Fase 30: *Spessoramento*

La sede giunta in questa stazione viene corredata di molla e tappo lunetta e contemporaneamente viene erogato sigillante liquido (loctite) tramite ugello. Dopodiché la sede è sottoposta ad un'operazione di cianfrinatura che crea tre intagli a 120°.

La guida risulterà ora assemblata in questo modo (*Figura 1.15*):

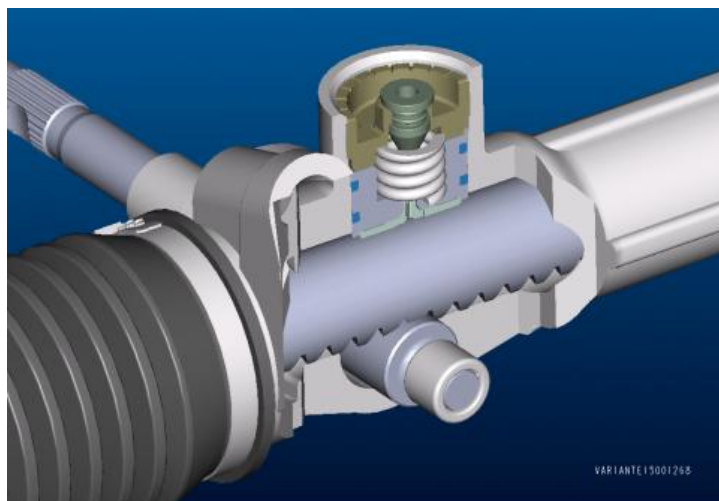



Figura 1.15 – Sezione della guida.

Fase 40: *Avvitatura IBJ*

L'IBJs (*Figura 1.16*), acronimo di Inner Ball Joint, comunemente detti anche tiranti, sono avvitati in automatico all'estremità della cremagliera tramite delle teste opportunamente dedicate. Successivamente è eseguita l'operazione di cianfrinatura della superficie in corrispondenza della filettatura in modo da deformarla così da assicurare che il tirante non si sviti quando la guida è in esercizio.

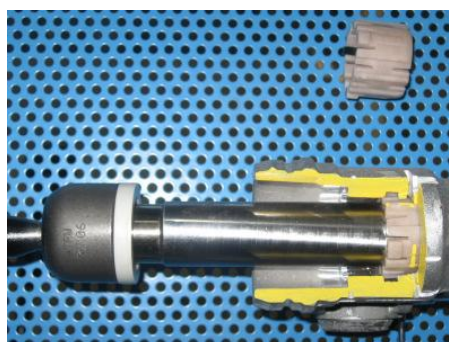



Figura 1.16 – Assemblaggio Inner Ball Joint.

Fase 50: *Verifica/Regolazione gioco lunetta*

La misura del gioco lunetta (gioco tra la lunetta e la ghiera) viene realizzata tramite una sonda LVDT che si inserisce nel foro del tappo lunetta.

Innanzitutto viene eseguito l'azzeramento della sonda tramite il gruppo pignone verticale .La guida viene portata in una posizione tale da poter far salire un gruppo meccanico (battuta) che si interpone tra il corpo guida e lo snodo interno (IBJ).Successivamente il gruppo pignone muove la guida fino ad accostare l'IBJ alla battuta applicando una coppia (circa 50 Nm); in questo istante viene azzerata la sonda .

Il pignone muoverà la guida per il percorso impostato nei parametri.

In caso di gioco non regolato ,ma regolabile ,verrà eseguita la correzione. Dopo ogni regolazione viene rifatto il ciclo di verifica.

Fase 60: *Montaggio soffietti*

In questa fase avviene il montaggio dei soffietti (*Figura 1.17*) che servono a proteggere i tiranti e la parte più esposta della cremagliera da agenti esterni, che potrebbero comprometterne il funzionamento, ed ad evitare la fuoriuscita del grasso dalla sede (*Figura 1.18*).

Inoltre per impedirne lo sfilamento, i soffietti vengono chiusi con fascette metalliche di tipo Oetiker (*Figura 1.19*).

Figure 1.17 e 1.18 – Soffietto.

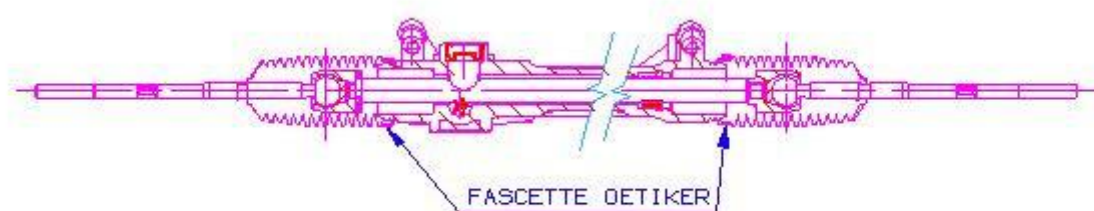
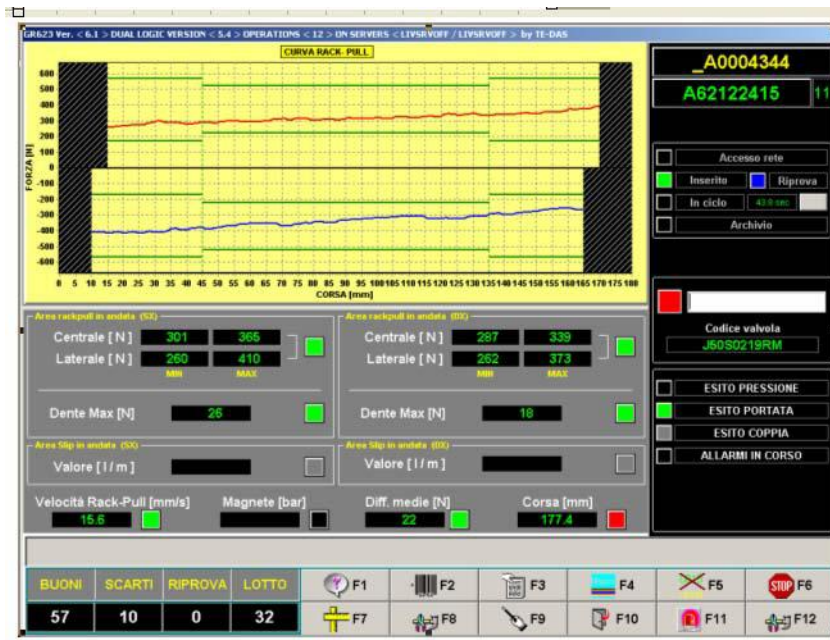



Figura 1.19 – Montaggio fascette Oetiker.

Fase 70: *Test funzionale di Rack Pull*

La fase 70 è forse una delle più importanti in quanto, pur non essendoci nessun tipo di assemblaggio, viene effettuato il test di Rack Pull.

Il Rack Pull Test consiste in una serie di cicli in cui la cremagliera viene compressa e tirata da una estremità all’altra simulandone il comportamento che avrà durante l’utilizzo e controllare che i valori del carico necessario ad effettuare tale scorrimento siano entro le tolleranze.

Figura 1.20 – Schermata del PC del banco Servotest.

Di conseguenza se il carico in esame è inferiore o superiore alle soglie stabilite il test non è superato. Durante il funzionamento reale una guida che avesse un carico di Rack Pull molto basso porterebbe ad avere uno sterzo troppo “morbido”, situazione non accettabile quando le velocità sono elevate. Invece se il carico fosse troppo alto, la coppia da applicare allo sterzo risulterebbe in questo caso molto elevata, situazione stavolta ottimale alle alte velocità in quanto si ottiene una risposta dello sterzo precisa ma allo stesso tempo porterebbe ad avere uno sterzo troppo “duro” durante il ciclo cittadino. Il carico di Rack Pull è determinato principalmente da un fattore: il gioco tra la lunetta e la cremagliera. La regolazione di tale parametro è fondamentale per la funzionalità del sistema sterzante. Un valore troppo elevato dà origine ad un basso carico di Rack Pull, a vibrazioni elevate e conseguentemente a rumorosità. Viceversa un gioco troppo basso dà luogo a bassa rumorosità e a uno sterzo preciso e puntuale, ma la guidabilità alle basse velocità è molto scarsa.

Al banco 70 sono inoltre effettuati il controllo del punto P, la corsa cremagliera ed il controllo dell’altezza ghiera pignone.

Per quanto riguarda il controllo sul punto P questo avviene andando a misurare il punto più basso nel centro della mezzeria (centro corsa) della cremagliera, questo da richiesta deve trovarsi all’interno di un gap previsto dal cliente che a sua volta deve accoppiare altri componenti. Una non conformità nella rilevazione del punto P può portare un notevole disturbo al cliente generando difficoltà nel posizionamento del volante, dovuto ad un centro corsa errato.

La corsa cremagliera è spesso considerata una caratteristica significativa dal cliente, questa rappresenta lo spostamento massimo a disposizione dell'ingranamento tra il pignone e la cremagliera stessa. Una corsa maggiorata o minorata produrrà un pezzo non conforme. Nel caso più specifico di una corsa minorata e non rilevata dall'encoder il disturbo che si andrà a creare al cliente è un ridotto angolo di sterzata, mentre nel caso di corsa maggiorata e non rilevata si potrà creare un'interferenza tra ruota e passaruota.

L'altezza ghiera-pignone è anch'essa considerata significativa dal cliente in quanto, nel caso di avvitatura errata gli effetti si tradurranno in rumorosità e decadimento funzionale percepibili dall'utilizzatore finale. Soprattutto può essere pericoloso in quanto un eventuale sfilamento della ghiera può far perdere la guidabilità del mezzo. Quindi la misura di questa dimensione ed il mantenimento sottocontrollo diventa molto importante per garantire la massima efficienza ed il miglior "comfort".

Le grandezze appena citate si possono vedere in figura 1.21.

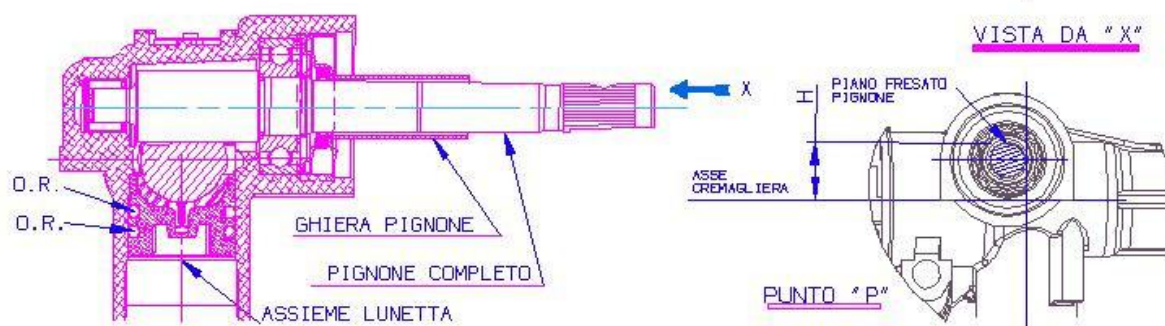



Figura 1.21 – Schema punto "P".

Fase 80: *Regolazione fine*

In quest'ultimo passaggio si provvede ad installare alle due estremità dei tiranti gli Outter Ball Joint, le cosiddette pipe, che verranno accoppiate alle sospensioni.

Le regolazioni finali che si effettueranno si riferiranno all'interasse, ai controdadi e alla posizione finale degli OBJ.

Sarà inoltre marcata la guida (*Figura 1.22*) con tutte le informazioni relative al numero del disegno, alla data di produzione (giorno, mese, anno), al codice fornitore ed al codice TRW per permettere la rintracciabilità della guida una volta assemblata.

Adiacentemente alla stazione è presente una stampante che rilascia un'etichetta adesiva contenente i dati relativi alla "storia" della scatola sterzo in esame. L'etichetta viene applicata manualmente in una posizione definita dal cliente.

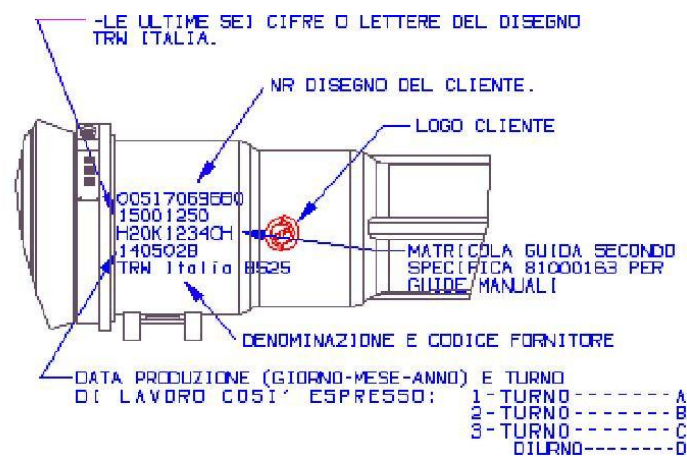



Figura 1.22 – Marcatura.

Al termine delle operazioni di assemblaggio la guida viene imballata ed inviata al cliente (*Figura 1.23*).

Figura 1.23 – Guide finite.

1.6.2 **Reparto guide idrauliche**

Il processo di assemblaggio di un sistema sterzante idraulica differisce rispetto a quello relativo a una guida meccanica principalmente per:

- le operazioni di lavaggio,
- la prova di tenuta,
- il Rack Pull realizzato con olio in circolo.

Al fine della tesi sono state prese in esame le linee 4 e 8, dedicate alle guide idrauliche rispettivamente per la Fiat Ducato X 2.50 e l' Iveco S2000. Nella figura 1. è rappresentato il layout della linea 4 il cui processo di assemblaggio è mostrato di seguito.

FASE 10: MONTAGGIO COMPONENTI SU SEDE
FASE 20: LAVAGGIO E CALETTAMENTO TUBO
FASE 30: MONTAGGIO TUBETTI
FASE 40: LAVAGGIO E INSERIMENTO CREMAGLIERA
FASE 50: MONTAGGIO VALVOLA
FASE 60: PROVA DI TENUTA IN ARIA
FASE 70: RUN IN
FASE 80: SPESSORAMENTO
FASE 90: AVVITATURA IBJ
FASE 100: MONTAGGIO SOFFIETTI & INGRASSAGGIO
FASE 110: TEST FUNZIONALI
FASE 120: MONTAGGIO STAFFA
FASE 130: REGOLAZIONE FINE

Figura 1.24 – Layout della linea 4.

Fase 10: _Montaggio componenti su sede_

In questa prima fase (*Figura 1.25*) vengono montati sulla sede:

- guarnizione,
- cuscinetto a rullo,
- boccola sinterizzata,
- cuscinetto,
- eventuale solenoide, nel caso si assembli un modello Dymond,
- o-ring.

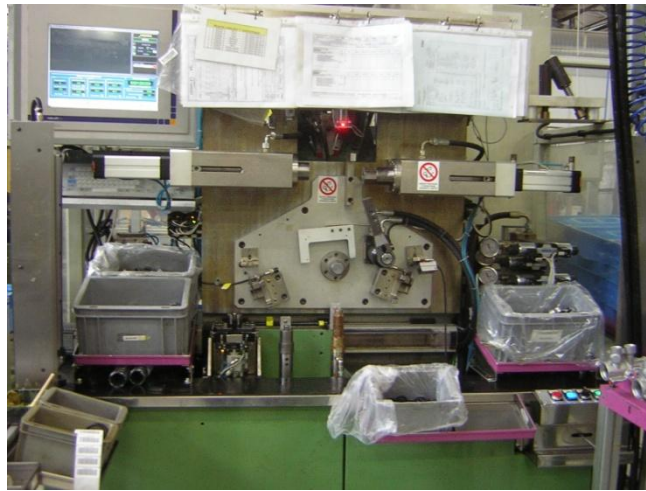



Figura 1.25 – Vista della stazione 10.

Fase 20: *Lavaggio e calettamento tubo*

Nella seconda stazione (*Figura 1.26)* si esegue l'assemblaggio di tre elementi:

- la guarnizione " back ring",
- l'anello di spallamento,
- il tubo.

L'operatore deve eseguire anche una serie di altre operazioni:

- inserire il tubo all'interno della lavatrice la quale va ad eliminare eventuali impurità sulla superficie interna ed esterna del tubo che potrebbero influire negativamente sulla funzionalità della guida;
- a lavaggio ultimato porre il tubo nell'apposito contenitore per asciugarlo;
- apporre un velo di grasso sull'alloggiamento della sede dove verrà calettato il tubo. Questa operazione è complementare all'inserimento del tubo nell'alloggiamento della sede ed ha lo scopo di diminuire l'attrito tra superfici in contatto durante il piantaggio.

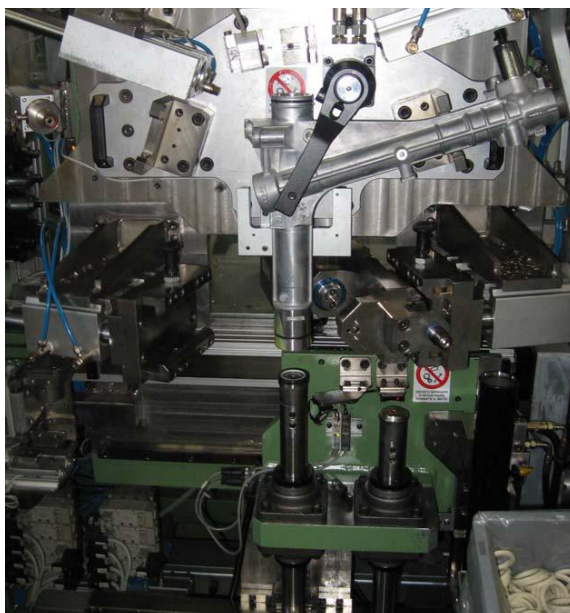



Figura1.26 – Vista della stazione 20.

Fase 30: *Montaggio tubetti*

Sul banco 30 avviene l'assemblaggio dei particolari:

- prigioniero,
- tubetto "lungo" (*Figura 1.27*),
- tubetto "corto" (*Figura 1.27*),
- piastrina,
- vite per serrare la piastrina ed i tubetti alla torre-valvola.

Figura 1.27 – Tubetto lungo e tubetto corto.

Questa stazione è una delle due della linea, insieme alla 140 (regolazione fine), dove non è prevista la presenza di un vero e proprio banco di assemblaggio automatizzato.

Fase 40: *lavaggio e inserimento cremagliera*

In questa stazione avviene l'assemblaggio di due componenti di rilevante importanza per il funzionamento della guida: la cremagliera e la boccola "Rack Bush".
L'operatore posiziona la cremagliera all'interno della lavatrice per effettuare l'eliminazione della contaminazione presente e la sede sul banco di assemblaggio. Terminata l'operazione di lavaggio, un sistema di trasporto automatizzato posiziona la cremagliera in asse con il tubo all'interno del quale deve essere montata. Una volta concluso l'inserimento della cremagliera all'interno della sede il banco effettua l'avvitatura della boccola "Rack Bush".

Fase 50: *Assemblaggio valvola-pignone*

La stazione 50 (*Figura 1.28*) è molto complessa in quanto oltre ad assemblare la valvola-pignone (*Figura 1.29*) all'interno della sede, monta sulla torre-valvola una serie di guarnizioni e cuscinetti , elementi fondamentali per la tenuta oleodinamica e per il sostegno della valvola-pignone.

Figura 1.28 – Vista della stazione 50.

Figura 1.29 – Vassoi contenenti le valvole-pignone.

Tale stazione rappresenta il cuore della linea di assemblaggio e molto spesso la bontà della guida è una conseguenza di un buon montaggio in questo banco. La sequenza di assemblaggio è divisa in due semi-cicli: il primo dedicato al montaggio della valvola, il secondo al piantaggio della guarnizione, dell'anello seeger e della boccola sinterizzata.

Fase 60: *Prova di tenuta in aria*

La prova in aria è di fondamentale importanza in quanto costituisce un primo test che verifica la tenuta pneumatica della guida assemblata fino a questa stazione. Il controllo della perdita è basato sulla misura della caduta di pressione tramite un trasduttore collegato al componente in prova da un lato e a un volume di riferimento dall'altro.
Per verificare in maniera idonea la tenuta della guida sono effettuate tre prove a pressioni differenti:

- a vuoto
- a bassa pressione
- ad alta pressione

La prova a vuoto è eseguita per verificare la tenuta delle due guarnizioni "back ring", la prima posizionata alla stazione 20, la seconda presente sulla boccola "Rack Bush" montata alla stazione 40.
La prova a bassa pressione (0.8 bar) è effettuata per individuare le perdite più consistenti all'interno della guida.
La prova ad alta pressione (4.8 bar) riesce ad individuare le perdite più piccole che con le prove precedenti non sarebbero state individuate.
Inoltre prima che il ciclo di test possa partire l'operatore deve caricare la lunetta nell'apposito foro.

Fase 70: *Run-in*

Come per le guide meccaniche il run-in consiste nella distribuzione del grasso in maniera uniforme sulla cremagliera.

Fase 80: *Regolazione gioco*

Nel momento in cui la scatola sterzo giunge alla stazione 80 l'operatore effettua il caricamento della molla e della ghiera. Dopodiché il banco, utilizzando i valori rilevati durante la lettura del profilo, effettua la regolazione del gioco tra lunetta e cremagliera nel punto in cui si è ottenuto il valore massimo.

Le operazioni per effettuare la regolazione del gioco sono le seguenti:

- Avvitatura della ghiera fino a 30 Nm corrispondente alla condizione di molla a "pacco" ovvero con la lunetta solidale alla cremagliera (gioco a zero).
- Svitatura della ghiera di un angolo tale da ottenere il gioco desiderato.
- Bloccaggio della ghiera sulla sede tramite l'inserimento manuale della copiglia.

Fase 90: *Avvitatura IBJ*

Analogamente alle guide meccaniche, anche su quelle idrauliche vengono avvitati gli Inner Ball Joint.

Fase 100: *Montaggio soffietti*

In questa stazione (*Figura 1.30*) sono effettuate due operazioni:

- l'ingrassaggio della cremagliera,
- il montaggio dei soffietti.

L'ingrassaggio della cremagliera è effettuato tramite una pistola che controlla il volume di grasso che viene immesso all'interno del tubo.

Figura 1.30 – Vista della stazione 100.

Fase 110: *Test funzionali*

Le prove di funzionalità della scatola sterzo sono tre:

- controllo corsa
- Rack Pull Test
- Slip Test

Mentre i primi due sono presenti anche nei sistemi meccanici, lo Slip Test è specifico delle guide idrauliche, effettuato per verificare la tenuta della guarnizione presente sul disco della cremagliera. Si realizza iniettando olio in pressione all'interno della guida, e, una volta richiusa la valvola, verifica che le perdite d'olio rientrino in un certo range ammissibile, altrimenti lo sterzo è considerato non conforme.

Fase 120: *Montaggio staffa*

La staffa (*Figure 1.31 e 1.32*) è l'elemento di interfaccia tra la scatola sterzo e lo chassis del veicolo. È divisa in tre parti: l'alloggio inferiore, la lamiera superiore e l'anello in gomma. I tre particolari sono resi solidali tramite due bulloni con la testa posizionata sulla lamiera superiore.

Figura 1.31 e 1.32 – Staffa.

Oltre all'assemblaggio dell'assieme "staffa" in questa stazione viene eseguita la micropuntinatura della sede con lo scopo di identificare il numero di matricola, il giorno ed il turno in cui la guida idraulica è stata prodotta.

Fase 130: *Regolazione fine*

Sull'ultima stazione avviene in maniera automatica l'avvitatura degli OBJ e applicata manualmente l'etichetta codice cliente. Infine è effettuato il completamento della guida attraverso il montaggio di una serie di componenti che non è stato possibile assemblare nelle stazioni precedenti. Tali particolari sono:

- un cappuccio per proteggere la sommità della valvola,
- due tappi per evitare che i fori di adduzione olio vengano contaminati.

Inoltre sono eseguiti una serie di controlli:

- coppia dei tubetti montati alla stazione 30,
- presenza della copiglia montata alla stazione 80,
- avvenuta micropuntinatura eseguita alla stazione 120,
- distanza tra gli OBJ ed i soffietti.

Capitolo 2: Teoria della manutenzione

2.1 **Introduzione**

L'evoluzione della tecnica, la ricerca di una maggiore efficienza tecnico-economica delle aziende, lo sviluppo dei processi tecnologici hanno portato alla costruzione di apparecchiature e macchine sempre più complesse e delicate e mutando l'approccio alle metodologie risolutive di alcuni problemi.
Tra questi, uno dei più sentiti in questo periodo storico è forse l'esigenza di mantenere inalterate l'efficienza degli impianti e delle macchine che li compongono, cioè della "manutenzione", ovvero quella funzione aziendale preposta al ruolo di assicurare la continuità di buon funzionamento delle strutture produttive.
La manutenzione moderna, concepita come servizio aziendale, si basa su alcune proprietà che la contraddistinguono rispetto ai modi di esecuzione caratteristici del passato periodo storico-industriale:

- Il lavoro di manutenzione, in passato prevalentemente legato al singolo evento, si trasforma in lavoro programmabile.
- La funzione manutenzione, spesso slegata e spesso considerata semplicemente complementare alle attività produttive, si trasforma in un'unità responsabile caratterizzata da razionalità e competenza nonché da un forte senso di integrazione nelle attività dell'impresa.
- La manutenzione è oggi chiamata a programmare, coordinare e controllare le sue attività in modo che il lavoro svolto da tutta l'impresa sia tecnicamente più completo e economicamente più vantaggioso.
- La formazione del personale assume un ruolo importante nel creare una mentalità adatta ad accettare le nuove procedure organizzative e a renderle operativamente efficaci.
- La moderna manutenzione è anche chiamata a migliorare e conservare i dispositivi che garantiscono la sicurezza e la salute del lavoratore; si rende pertanto necessaria un'opera di responsabilizzazione rivolta ad incrementare l'efficienza del servizio e la contemporanea tutela del personale.

Nel 1963 la OCSE (Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico) definì la manutenzione "funzione aziendale alla quale sono demandati il controllo costante degli impianti e l'insieme dei lavori di riparazione e revisione necessari ad assicurare il funzionamento regolare e il buono stato di conservazione degli impianti produttivi, dei servizi e delle attrezzature di stabilimento".

Nel 1991, dopo quasi trent'anni, nella norma UNI 9910 (Terminologia sulla fidatezza e sulla qualità del servizio) la Manutenzione è stata definita "la combinazione di tutte le azioni tecniche ed amministrative, incluse le azioni di supervisione, volte a mantenere o a riportare un'entità in uno stato in cui possa svolgere la funzione richiesta ".

Dal confronto fra queste due definizioni si nota il processo evolutivo che ha portato la manutenzione da compiti semplicemente correttivi a compiti prevalenti di prevenzione dei guasti e dei malfunzionamenti, di adeguamento a livelli prestazionali crescenti, di contributo al miglioramento delle prestazioni complessive dei sistemi produttivi.

In relazione a questa evoluzione la manutenzione si è data scopi, forme organizzative e modalità più evolute, tali da rendere conseguibili obiettivi non limitati agli aspetti di efficienza tecnica, ma concernenti anche aspetti di efficienza gestionale e organizzativa.

In generale gli obiettivi e gli incarichi che un moderno servizio di manutenzione aziendale è chiamato a raggiungere e a svolgere possono essere così definiti:

- minimizzare le fermate per guasti assicurando la continuità produttiva degli impianti;

- gestire le risorse aziendali allo scopo di minimizzare i costi derivanti dalla possibile rottura e/o dalla riparazione delle risorse tecniche destinate alla produzione;
- operare con continuità allo scopo di mantenere strutture e macchine in grado di funzionare nelle condizioni stabilite e limitare il decadimento delle prestazioni delle stesse;
- contribuire ad aumentare l'efficienza del sistema produttivo;
- formare ed educare gli addetti di produzione ad alcuni aspetti di correttezza e sicurezza nell'utilizzo dei macchinari e responsabilizzarli nei confronti della gestione iniziale delle anomalie e dei guasti agli impianti.

Le attività necessarie per raggiungere tali obiettivi sono di natura esecutiva, tecnica, organizzativa, gestionale e consultiva. Vengono elencati di seguito:

- Attività in ambito *esecutivo*: lubrificazione, pulizia, ispezioni e controlli; riparazioni, sostituzioni e revisioni; assistenza a terzi.
- Attività in ambito *tecnico*: preparazione dei piani di manutenzione preventiva e delle ispezioni, preparazione dei lavori; analisi dei guasti, raccolta e analisi dei dati sulle prestazioni; calcolo degli indicatori di prestazione; ricerca di nuovi metodi, tecniche, mezzi ed attrezzature; addestramento tecnico per operai e tecnici; proposte di modifiche e migliorie; adeguamenti impiantistici alle norme di sicurezza.
- Attività in ambito *organizzativo/gestionale*: elaborazioni di rapporti periodici su andamenti e consumi; individuazione di ricambi e materiali, quantità a magazzino e livelli di riordino; programmazione e reperimento delle risorse necessarie ad eseguire i lavori; elaborazione di piani tecnico-economici.
- Attività in ambito *consultivo*: contributo nell'installazione ed avviamento di nuovi impianti e nella progettazione di modifiche e di rifacimenti; addestramento dei conduttori dell'impianto.

2.2 **Principi di teoria della manutenzione**

Una generica macchina viene progettata e costruita per svolgere una missione nota a priori e di cui si conoscono le caratteristiche in termini di tempi, di prestazioni e di costi. Il suo funzionamento, basato sulla continua interazione tra i sottosistemi che la compongono, non è tuttavia continuo nel tempo a causa delle inevitabili anomalie che insorgono nel corso della sua vita utile e che possono essere determinate da svariati fattori umani e ambientali. In questo contesto di possibile interruzione della sua funzionalità si inseriscono i concetti di affidabilità e disponibilità.

L'affidabilità può essere definita come la probabilità che un elemento (macchina, sottosistema o componente) funzioni senza guastarsi per un determinato tempo t dal suo avviamento e in predeterminate condizioni ambientali.

La disponibilità può invece essere definita come la percentuale di tempo di buon funzionamento rispetto al tempo totale in cui è richiesto il funzionamento stesso dell'elemento.

Affidabilità e disponibilità rappresentano due grandezze attraverso le quali è possibile misurare la continuità con cui un impianto può garantire il raggiungimento della missione per la quale è stato ideato e costruito.

In ambito economico, l'implementazione a livello industriale di azioni di miglioramento affidabilistiche applicate a risorse produttive comporta inevitabilmente dei costi che devono essere equilibrati in funzione dello scopo finale. Nella figura 2.1 si può osservare che la funzione del costo totale sostenuto è data dalla somma dei costi sostenuti per le azioni di incremento dell'affidabilità o della disponibilità delle macchine e dei costi di mancata produzione dovuti all'inaffidabilità o indisponibilità delle stesse.

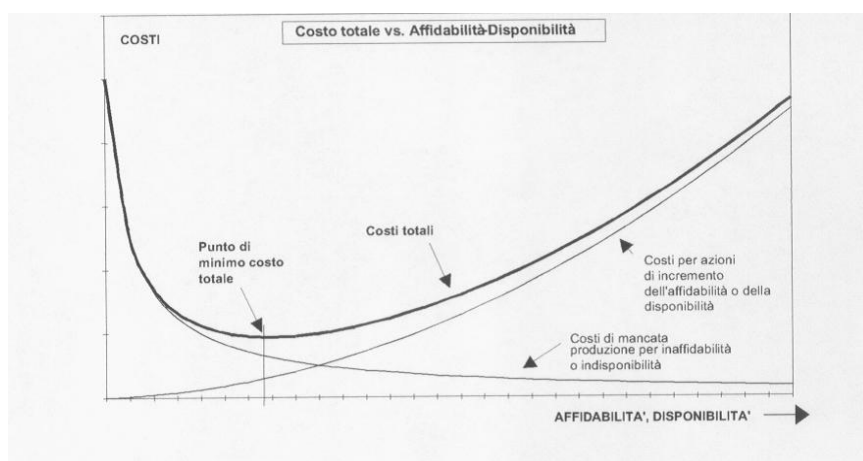



Figura 2.1 - Curva rappresentativa dei costi totali in funzione di affidabilità-disponibilità.

Se in ambito sicurezza l'affidabilità assume un ruolo della massima importanza, a livello produttivo il suo posto viene spesso preso dalla disponibilità attraverso la quale il gestore d'impianto riesce a monitorare la reale efficienza operativa delle macchine nel corso della loro vita utile.

Poiché, come già affermato, la macchine si guastano, l'affidabilità e la disponibilità vengono garantite, dove possibile, attraverso adeguate politiche manutentive che, se da una lato contribuiscono a un funzionamento globale regolare e continuativo, dall'altro rappresentano un onere economico spesso non indifferente, intervenendo in sede di gestione dell'impianto,

oppure nella progettazione o riprogettazione di parti o insiemi di macchine o nell'installazione di unità di riserva (sistemi ridondanti).

2.3 **I KPI della manutenzione**

Controllare e valutare le prestazioni di manutenzione attraverso i Key Performance Indicators (KPI) è un approccio strategico per raggiungere in modo efficace gli obiettivi aziendali.
In effetti, un sistema di misurazione adeguato è vitale per eliminare sprechi e migliorare le prestazioni aziendali; occorrono sistemi dinamici, che motivino il miglioramento della soddisfazione dei clienti, della flessibilità e della produttività.

La norma UNI definisce diversi indici di manutenzione, ai quali ne possono essere aggiunti degli altri a piacimento, in funzione delle necessità tecniche, gestionali, contrattuali degli utilizzatori.
Di seguito vengono presentati alcuni dei più comuni KPI di manutenzione, alcuni normati altri no, sia di tipo "tecnico/operativo" (ossia non collegati a voci di costo ma a quantità prettamente "temporali" legate all'impianto analizzato) sia di "costo/gestionali".

<u>Mean Time Between Failure (MTBF)</u>

L'MTBF descrive il tempo operativo medio tra due guasti consecutivi. La procedura generale di calcolo raccomandata dalla Norma può essere sintetizzata nel seguente modo:

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Tempo di utilizzo dell'Impianto}}{\text{Numero di Fermate per causa Guasto dell'Impianto}}$$

dove:

Tempo di Utilizzo= [Tempo di Apertura Impianto – Tempo di Mancato Utilizzo – Tempo di Utilizzo Non Produttivo]

e dove per

"*Tempo di Utilizzo Non Produttivo*" si intende il tempo in cui l'impianto è stato utilizzato per attività differenti alla vera e propria produzione (per esempio test e prove di produzione per nuovi prodotti, realizzazione di prototipi, ecc)o per attività legate alla tecnologia dell'impianto e/o al processo produttivo (per esempio tempi di set-up, lavaggi, manutenzioni programmate, ecc);

“*Tempo di Mancato Utilizzo*” si intende il tempo nel quale l’impianto non è stato utilizzato per cause esterne all’impianto stesso (per esempio per mancato forni mento di materiale da processare, scioperi, eventi naturali, ecc).

Mean Time Between Maintenance (MTBM)

L’MTBM rappresenta il tempo medio che intercorre tra due interventi di manutenzione (programmata o a guasto). Si calcola:

$$MTBM = \frac{\text{Tempo di Utilizzo dell'Impianto}}{\text{Numero di Fermate per Manutenzione dell'Impianto}}$$

L’MTBM prende quindi in considerazione, oltre all’improduttività da guasto, anche quella indotta dalla manutenzione programmata (per esempio, interventi programmati, controlli, tarature e verifiche di legge, sostituzioni di componenti soggetti ad usura periodica, ecc.). Pertanto il valore di MTBM misura le conseguenze di tutto il fabbisogno di “fermo per manutenzione” dell’impianto, programmato e non programmato.
Il calcolo dell’MTBM è importante in quanto è descrittivo del fabbisogno complessivo di manutenzione da parte di un’entità e misura le ripercussioni del medesimo sulla sua disponibilità. In tal modo, confrontandolo con i valori di MTBF, l’MTBM “costringe” l’ingegneria di Manutenzione a un’analisi critica dell’indisponibilità programmata dell’impianto e delle possibilità di riduzione della medesima.

Mean Time To Restoration (MTTR)

L’MTTR rappresenta il valore atteso di tempo al ripristino, dove per “tempo al ripristino” (Norma UNI 9910) si intende l’intervallo di tempo durante il quale l’impianto si trova in uno stato di indisponibilità a causa di un guasto.
L'MTTR misura di fatto la reattività del sistema al guasto. Valori elevati sono sintomo di malessere che devono essere individuati e affrontati con provvedimenti specifici in sinergia tra le varie funzioni aziendali coinvolte. Se lo stato di guasto intercorre da quando è percepito a quando è rimosso, il puro tempo di riparazione tecnica, in passato confondibile con MTTR, non è descrittivo dell'impatto temporale del guasto sulla produttività. L'indisponibilità reale è spesso pesantemente condizionata da ritardi nella segnalazione, nell'emissione dell'eventuale "permesso di lavoro", recupero della documentazione tecnica e da altri fattori non controllabili dalla manutenzione sia a monte che a valle dell'intervento vero e proprio. Questi fattori sono attivati dal guasto e vanno comunque mesi in conto al medesimo. Il puro tempo di riparazione è dunque oggi denominato Mean Repair Time.

Il calcolo dell'indice avviene nel seguente modo:

$$MTTR = \frac{\text{Tempo Totale di Indisponibilità dell'Impianto}}{\text{Numero di Fermate per Causa Guasto dell'Impianto}}$$

Il calcolo del tempo di indisponibilità di ogni guasto non è immediato. Esistono infatti diverse casistiche:

- Il guasto induce il fermo totale della produttività dell'impianto. In questo caso il tempo di indisponibilità coincide con la differenza tra la data di ripristino e quella di guasto.
- Il guasto induce una riduzione quantitativa (Slow-Down). Di norma si calcola l'intervallo temporale di Slow-Down col metodo del punto precedente e lo si moltiplica per un opportuno coefficiente <1 (per semplicità fissato generalmente pari a 0.5). si riporta in tal modo il tempo di riduzione parziale a un tempo equivalente di interruzione totale.
- Il guasto induce peggioramenti sulla qualità della produzione. In questo caso il controller fornisce di solito alla Produzione opportuni coefficienti, finalizzati a trasformare il tempo di produzione perso per inefficienze qualitative in un tempo equivalente di interruzione totale della produttività dell'impianto.
- Il guasto riduce contemporaneamente la quantità e la qualità della produzione dell'impianto rispetto ai target prefissati. In linea di principio si possono combinare i coefficienti dei punti precedenti, fermo restando che la supervisione del Controllo Gestione è sempre indispensabile per valutare nel modo migliore le conseguenze "parziali" dei guasti sul ciclo produttivo.

<u>Mean Repair Time (MRT)</u>

L'MRT esprime il valore atteso del tempo di riparazione. Il "tempo di riparazione" è il tempo strettamente necessario ad eseguire l'intervento. Si considera quindi al netto del tempo di chiamata, della ricerca del guasto, del prelievo dei ricambi, della messa a punto di utensili e attrezzature e, in generale, di tutti i tempi che rientrano nel concetto di "preparazione del lavoro". Si calcola come:

$$MRT = \frac{\text{Tempo Totale di Riparazione dei Guasti dell'Impianto}}{\text{Numero di Fermate (causa Guasto) dell'Impianto}}$$

Dove la durata della singola riparazione è calcolata a partire dalla data e ora di inizio dell'attività "fisica di riparazione".

In caso di guasto, il tempo di riparazione concorre al tempo di indisponibilità, ma è sempre minore di questo.
MRT e MTTR possono anche essere visti come KPI "complementari", ovvero in grado di dare un'informazione più completa se usati in coppia. La differenza tra i due tempi permette di separare i fattori intrinseci (soprattutto manutenibilità e manualità, concorrenti a MRT) da quelli operativi (soprattutto reattività e capacità di diagnosi). Anche i provvedimenti correttivi sono assolutamente diversi: sostanzialmente tecnici per migliorare l'MRT e sostanzialmente organizzativi/di processo per minimizzare lo scostamento (MTTR-MRT).
Molte volte una grande differenza tra i due indica inefficienze causate generalmente di problemi quali ritardi nel rilascio dei permessi di lavoro, ritardi nella segnalazione del guast, problemi di layout e problemi di processo.

Mean Down Time

L'MDT o tempo medio di indisponibilità misura il tempo complessivo durante il quale l'impianto è obbligatoriamente indisponibile per esigenze manutentive di qualsiasi natura: accidentali piuttosto che programmate. Questo tempo comprende sia i tempi esecutivi che i tempi logistici (per esempio attesa) di manutenzione. Valutato il tempo totale di indisponibilità, l'MDT si calcola dividendo il tempo totale di indisponibilità per il numero di eventi che l'hanno determinata durante il periodo preso in considerazione:

$$MDT = \frac{\text{Tempo totale di indisponibilità per interventi manutentivi dell'impianto}}{\text{Numero d'interventi manutentivi effettuati sull'impianto}}$$

La riduzione ottimale di MDT passa sicuramente attraverso la riduzione di MTTR e di MRT ma anche attraverso la programmazione ottimale delle attività manutentive pianificate richiedenti l'indisponibilità (fermata) dell'impianto.

Affidabilità

Lo studio dell'affidabilità si applica in generale a meccanismi che, nel corso della vita utile, non possono essere tecnicamente ed economicamente riparati (es. le lampadine).
Se l'affidabilità di un componente non riparabile è la sua probabilità di buon funzionamento all'interno di un certo intervallo di tempo di utilizzo, i livelli di affidabilità richiesti al componente variano pertanto in funzione delle conseguenze di un mancato funzionamento.
In un'ottica manutentiva, conoscere la probabilità di buon funzionamento di un componente in un certo periodo di tempo (cioè conoscerne l'affidabilità) consente di intervenire prima che si verifichi il guasto.

La definizione di affidabilità vista implica una precisa conoscenza delle condizioni di normale funzionamento e delle condizioni di guasto inteso come incapacità di condurre a termine con successo la missione affidata.
I presupposti per una corretta applicazione dell'affidabilità al mondo operativo possono essere individuati come segue:

- definizione di un criterio univoco e oggettivo (che può sintetizzarsi in una procedura operativa) per il riconoscimento dello stato di guasto;
- determinazione dell'intervallo di tempo t entro il quale è richiesto che la macchina o il componente considerato debbano funzionare per portare a termine la missione;
- determinazione delle condizioni ambientali in cui la macchina deve svolgere la sua missione.

<u>Disponibilità</u>

Finora si è considerato il caso di macchine o componenti non riparabili cioè con un singolo ciclo di vita come ad esempio l'hard disk di un calcolatore, un fusibile elettrico, un cuscinetto a sfere, ecc.
Nel caso in cui sia possibile ripristinare la funzionalità, in particolare per quei dispositivi a cui è richiesto un notevole numero di cicli del tipo rottura-riparazione ripristino anche più volte nel corso della vita utile, si ricorre spesso alla valutazione della disponibilità.
La norma UNI 9910 definisce la disponibilità come l'attitudine di un'entità a essere in grado di svolgere una funzione richiesta in determinate condizioni a un dato istante, o durante un dato intervallo di tempo, supponendo che siano assicurati i mezzi esterni eventualmente necessari.
La disponibilità A, dall'inglese Availability, di una macchina può anche essere definita come la percentuale di tempo di buon funzionamento rispetto al tempo totale in cui è richiesto il funzionamento stesso della macchina.
Chiamati rispettivamente UT (Up Time) il tempo in cui il sistema è realmente disponibile all'uso e DT (Down Time) il tempo in cui la macchina è ferma (per guasto o per riparazione), la disponibilità A vale (in percentuale):

$$A = \frac{UT}{UT + DT}$$

Poiché nei sistemi riparabili si parla, come già visto, di tempo medio tra due guasti, MTBF (Mean Time Between Failure), e considerando il tempo medio di ripristino della funzionalità

MTTR (Mean Time To Restoration), si può assumer che L'UT coincida con l'MTBF e il DT con l'MTTR e quindi la relazione precedente si riscrive come:

$$A = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF+MTTR}}$$

A parità di tempo medio tra due rotture (uguale MTBF), una macchina o un componente facilmente riparabile è quindi più disponibile di un altro avente MTTR più elevato; analogamente la disponibilità di due sistemi con simile tempo di riparazione, cresce al crescere dell'MTBF cioè della sua affidabilità all'interno del periodo di funzionamento richiesto (*Figura 2.2*).

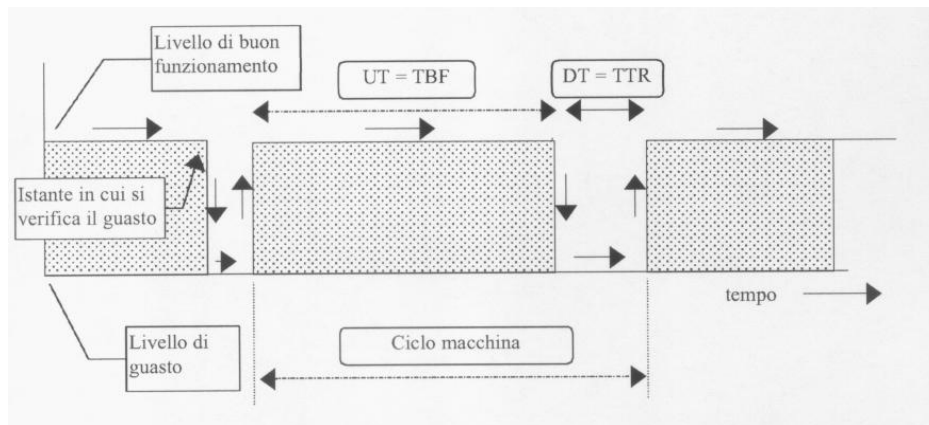



Figura 2.2 - Disponibilità in funzione dell'MTBF e MTTR.

<u>Il tasso di guasto e la curva di mortalità</u>

Il tasso di guasto consiste nella frequenza con cui le macchine si guastano nel corso della loro vita utile; il suo andamento viene in genere rappresentato con la curva che, per la particolare forma, viene chiamata "a vasca da bagno" (*Figura 2.3*).

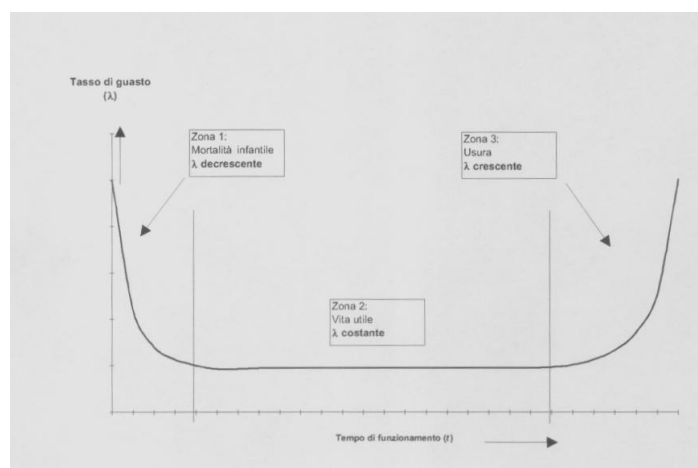



Figura 2.3 - Curva Tasso di guasto - Tempo di funzionamento.

Durante il ciclo di vita di ogni macchina si possono distinguere tre fasi fondamentali:

- un periodo iniziale in cui la macchina è in *rodaggio*. I componenti cominciano a svolger la loro funzione ed alcuni di essi , in genere difettosi, possono cedere in breve tempo. Questo periodo è chiamato di "mortalità infantile" e in esso il tasso di guasto, inizialmente elevato cala rapidamente (zona 1);
- un periodo detto di *vita utile* (zona 2), in cui la macchina funziona a regime, i componenti sono assestati e gli operatori esperi all'uso. In questo periodo il tasso di guasto è costante e minimo (la macchina subisce guasti a periodi molto distanziati e regolari);
- un'ultima fase (zona 3) in cui l'impianto è soggetto a fenomeni di usura derivanti dall'intenso utilizzo. Il tasso di guasto cresce (la macchina si guasta sempre più spesso) fintanto che risulta inutilizzabile.

L'effetto sul tasso di guasto dell'assestamento iniziale dei componenti è in genere tanto più ridotto quanto migliori ed accurate sono la progettazione e l'installazione della macchina e il livello di addestramento degli operatori, mentre l'effetto dell'usura è facilmente rilevabile a causa della tendenza alla rapida crescita del numero di guasti in un fissato periodo di tempo.
Per abbassare il tasso di guasto e quindi aumentare l'affidabilità e la disponibilità si ricorre in genere a metodi preventivi, cioè a una politica manutentiva che si basa su operazioni eseguite a intervalli di tempo programmati allo scopo di assicurare l'affidabilità e la disponibilità richieste prevenendo e contrastando il verificarsi del guasto.

<u>La manutenibilità</u>

La norma UNI 9910 definisce la manutenibilità come l'attitudine di un'entità (macchina o impianto), in assegnate condizioni di utilizzazione, a essere mantenuta o riportata in uno stato nel quale essa può svolgere la funzione richiesta, quando la manutenzione è eseguita nelle condizioni date, con procedure e mezzi prescritti.
La manutenibilità è quindi una caratteristica della macchina che dipende però anche dalle condizioni in cui viene mantenuta. In queste condizioni sono compresi, oltre alle caratteristiche progettuali, anche tutti quei fattori che integrano la macchina nell'impianto in cui si trova, dalla posizione fisica, all'accessibilità delle parti da riparare, al flusso di materiali e persone che la circondano abitualmente, ecc (*Figura 2.4*).
A tal proposito un supporto arriva dalle tecniche di Design for Maintainability che applicano l'ingegneria dei fattori umani alla progettazione dei sistemi con lo scopo di ridurre il tempo e

lo sforzo richiesto per effettuare le azioni sia di manutenzione periodica preventiva che di quella correttiva.

Figura 2.4 - La manutenibilità come facilità di accesso alla macchina.

Esiste una relazione tra la quantità MTTR, tempo medio di riparazione (inteso come ritorno in servizio), che rappresenta in sintesi la manutenibilità della macchina, e la funzione affidabilità.
Poiché si è visto che:

$$A = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR}$$

Allora MTTR dipende anche dal parametro disponibilità A. Qualitativamente si può vedere la relazione tra le grandezze in un grafico (*Figura 2.4*).
Definito quindi un certo valore di affidabilità (caratteristica progettuale) e valutata la disponibilità operativa storica A come il rapporto tra il tempo di buon funzionamento e il tempo totale di utilizzo (guasti compresi), si ottiene un valore di manutenibilità che può essere comparato con altri rilevati su macchine o impianti della stessa tipologia.
Definita ad esempio “normale” una disponibilità del componente o dell’impianto pari al 95% e noti storicamente i tempi di intervento per guasto (MTTR) è possibile risalire alla sua affidabilità per scopi di riprogettazione e miglioramento delle caratteristiche.

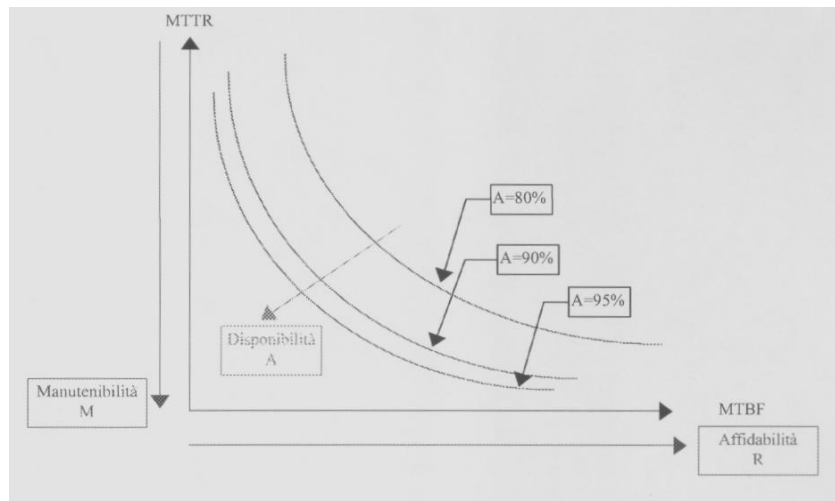



Figura 2.4 - Relazione tra le grandezze Affidabilità (R), MTBF, MTTR, Manutenibilità (M) e Disponibilità (A).

Indici di monitoraggio del livello di servizio della manutenzione a Guasto

Poiché l'obiettivo ultimo del progetto "Manutenzione" è l'ottimizzazione del mix delle politiche, compito dell'Ingegneria di Manutenzione è verificare che il fabbisogno di manutenzione non programmata sia stabilmente all'interno dei valori prefissati oppure segua nel tempo un trend decrescente verso i valori-obiettivo.

Indice di natura "gestionale"e di validità generale, il seguente KPI misura l'incidenza dei costi della manutenzione a guasto rispetto al costo totale di manutenzione. Fornisce, di conseguenza, indicazioni sulle politiche di manutenzione adottate. Il KPI, non ancora identificabile con un acronimo unificato, si calcola come:

$$\frac{\text{Costo della Manutenzione a Guasto (o Correttiva)}}{\text{Costo Totale di Mnautenzione}}$$

A numeratore troviamo il costo totale di manutenzione (comprensivo di manodopera aziendale, servizi, materiali) sostenuto relativo a interventi di manutenzione a guasto (correttiva ovvero accidentale).

A denominatore troviamo il costo totale di manutenzione sostenuto nell'esercizio, (comprensivo delle) ottenuto come somma delle rispettive quote dei costi del personale aziendale di manutenzione, dei servizi di manutenzione prestati dal personale di produzione (manutenzione autonoma), dei servizi di terzi e dei materiali.

Come quasi tutti gli indici "gestionali", anche questo è di tipo "complementare " per cui non è bene considerarli da soli ma associati con altri KPI in modo da ottenere informazioni più

complete. In questo caso è buona norma associare un KPI basato sulla frequenza degli eventi piuttosto che sul loro valore:

$$\frac{\text{Numero di Richieste di Manutenzione a Guasto}}{\text{Numero Totale di Richieste di Manutenzione}}$$

I due indici abbinati permettono di visualizzare molto meglio la situazione reale, evidenziando con che frequenza si effettuano interventi “fisici” di natura correttiva. Il confronto incrociato frequenza – costi descrive in modo esaustivo il peso della Manutenzione a guasto sul mix delle possibili Politiche di manutenzione adottate dall’azienda.

Indici di monitoraggio del livello di spesa in Manutenzione

È possibile costruire una serie di KPI che permettano di controllare l’entità della spesa in manutenzione e la sua ripartizione nelle varie voci di costo. Alcuni possibili indicatori sono:

- $\frac{Costo\ Totale\ Annuo\ di\ Manutenzione}{Estimated\ Replacement\ Value}$

  dove con Estimated Replacement Value (ERV) si intende il valore di rimpiazzo dell’impianto.

- $\frac{Costo\ Totale\ Annuo\ di\ Manutenzione}{Fatturato\ Annuale}$

  Indica la porzione di fatturato annuale impiegato per mantenere il valore e l’efficienza degli impianti.

- $\frac{Costo\ Totale\ Annuo\ di\ Manutenzione}{Quantità\ annuale\ prodotta}$

  Fornisce indicazioni sulla gestione della manutenzione con riferimento al volume di produzione dell’impianto nel periodo di riferimento.

L’azienda che vuole ottenere suggerimenti utili dai propri KPI, deve limitarsi a quelli significativi, ovvero che forniscono informazioni importanti e pertinenti. Ciò significa scegliere i KPI relativi al proprio settore.

Dopo aver identificato i KPI più idonei, si deve procedere a realizzarne la valutazione in maniera regolare e coerente. I KPI dovrebbero essere analizzati e confrontati con livelli di benchmark sia interni che esterni. Dovrebbero essere monitorati costantemente per garantire l'identificazione di tutte le tendenze o cambiamenti significativi in modo che quest’ultimo

possano essere analizzate per comprendere il motivo per cui si sono verificati dei cambiamenti e per cui i KPI mostrano una tendenza al ribasso o al rialzo.

L'analisi degli indicatori deve quindi aiutare a individuare la "causa radice" di problemi esistenti o potenziali e di conseguenza orientare la decisioni per le future azioni correttive e preventive necessarie per il miglioramento continuo della funzione della manutenzione.

2.4 **La strategia della manutenzione**

Un guasto è un fenomeno che, come riportato nella norma UNI 9910, consiste nella cessazione dell'attitudine di un'entità a eseguire la funzione richiesta.
La manutenzione delle macchine ha fondamentalmente due scopi principali:

- riparare i guasti,
- impedire la loro insorgenza.

L'obiettivo da perseguire è quindi ridurre l'indisponibilità accidentale o sistematica che si manifesta quando gli impianti sono soggetti, durante la produzione, a usura, fatica, corrosione e in generale quando le macchine invecchiano e si degradano. Diventa quindi determinante l'efficienza e la buona organizzazione di un servizio manutentivo nel contesto produttivo, in particolare laddove la linea sia satura (elevati volumi), oppure sia richiesto un elevati livello qualitativo di prodotto e di processo, oppure quando sussistano entrambe le esigenze.
Per raggiungere tale obiettivo è necessaria una dettagliata documentazione storico informativa che permetta un'adeguata analisi dei dati riguardanti disponibilità degli impianti, costi ed efficienza del personale preposto a mantenere e migliorare la performance delle macchine.
Uno degli approcci più interessanti al problema del degrado degli impianti e alla loro conseguente assistenza sembra essere la teoria che si basa sulla curva di mortalità a "vasca di bagno" (*Figura*).
Si può definire guasto istantaneo quell'evento che non è prevedibile a priori ma che si manifesta improvvisamente, spesso interrompendo in modo totale il funzionamento della macchina; l'anomalia si verifica di norma quando la sollecitazione , comunque intesa, supera la resistenza del componente su cui è applicata.
Quando la macchina o l'apparecchiatura o l'impianto viene installato e nel primo periodo della vita utile, è possibile che il tasso di guasto istantaneo sia elevato. Questo fatto è causato principalmente dalle caratteristiche dei componenti che, nuovi, necessitano di un "rodaggio" che dà problemi di montaggio e regolazione iniziale. Ci si trova quindi in una prima zona della curva che presenta un tasso di guasto istantaneo decrescente con una velocità

proporzionale alla capacità della macchina di "assestarsi" e degli operatori di imparare a usarla correttamente.
Raggiunta una fase di funzionamento stabile, questa si protrae generalmente per un lungo periodo, nel quale compaiono dei guasti dovuti principalmente al degrado per normale utilizzo dei componenti (guasti fisiologici). Questo è il periodo della vita utile, in cui il tasso di guasto è costante e la macchina funziona alla capacità nominale per la quale è stata progettata e costruita.
Quando infine i componenti invecchiano, viene meno la capacità di svolgere le funzioni richieste e si manifestano dei cedimenti. Ci si trova a questo punto nella zona di "usura", caratterizzata da un tasso di guasto crescente nel tempo con una pendenza che è funzione sia dello stato della macchina che ne viene fatto.
La manutenzione deve lavorare affinché il tasso di guasto istantaneo rimanga il più costante possibile nel ciclo di vita dell'impianto, cioè che quest'ultimo si collochi operativamente nella zona di mortalità standard (vita utile) e affinché tale tasso sia il più basso possibile.

2.5 **I tempi della manutenzione**

La comparsa del guasto causa generalmente un decadimento delle prestazioni che può essere tanto istantaneo e totale, quanto parziale e dilazionato nel tempo. Tra il manifestarsi dell'anomalia e l'intervento per la riparazione spesso trascorre una lasso di tempo, detto "ritardo amministrativo", dovuto principalmente al fatto che i manutentori devono venire a conoscenza della tipologia di guasto e quindi attrezzarsi di conseguenza.
La norma UNI 9910 riporta i diagrammi relativi ai tempi della manutenzione (*Figura 2.5*)

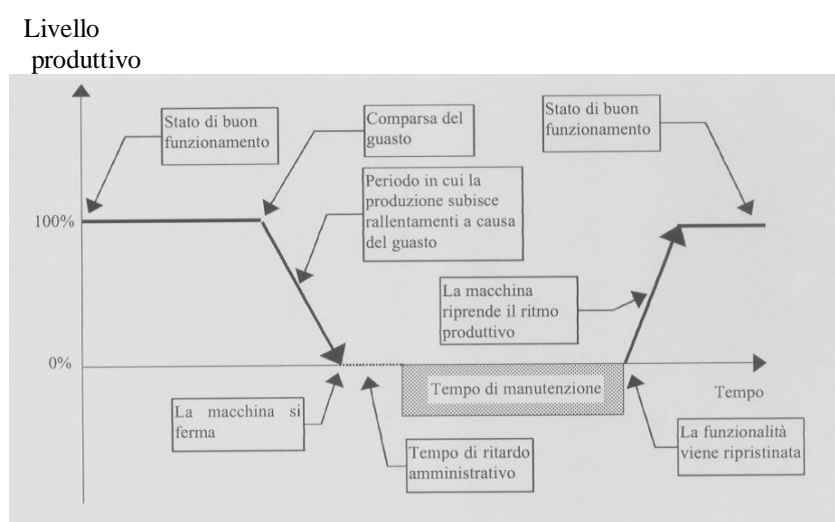



Figura 2.5 - Diagramma esplicativo degli interventi di manutenzione.

Come si può notare dal grafico, dal momento della comparsa del guasto fino al successivo raggiungimento del livello di buon funzionamento è possibile individuare una serie di tempi relativi alla riparazione:

- un intervallo di tempo in cui il sistema continua ad operare dando luogo a processi rallentati o errati e in cui l'origine del malfunzionamento non è evidente. In questo intervallo di tempo l'operatore rileva la presenza di un guasto e lo segnala alla manutenzione;
- un ritardo di attesa della manutenzione dovuto sia a fenomeni amministrativi di inoltro della richiesta che di disponibilità e di preparazione dei manutentori alla specifica tipologia di intervento. È possibile infatti che al momento del guasto nessun manutentore sia libero per intervenire;
- un tempo di ricerca e di rilevazione dell'anomalia da parte del tecnico incaricato (diagnostica);
- un tempo di approvvigionamento dei ricambi e del necessario materiale di consumo;
- un tempo di effettiva riparazione;
- un tempo di controllo della funzionalità e di testing della macchina.

Il tempo di indisponibilità della macchina è quindi dato dalla somma dei tempi sopra esposti; alcune tempistiche dipendono dalle capacità del servizio manutentivo, altre da fattori esterni quali i turni lavorativi, i rallentamenti burocratici o la mancanza di ricambi a magazzino. Una corretta suddivisione e il controllo di questi tempi può permettere al gestore del servizio di intervenire in modo mirato su quegli aspetti che maggiormente possono contribuire ad aumentare l'efficacia degli interventi e quindi a minimizzare l'indisponibilità della macchina.

2.6 **I costi di manutenzione**

Qualunque organizzazione finalizzata al mantenimento dei beni aziendali ha lo scopo di ridurre il costo globale di manutenzione, risultante dalla somma dei costi diretti e dei costi indiretti. La manutenzione però non deve essere vista unicamente come un centro di costo, in quanto produce anch'essa "valore" in termini di risparmio di costi conseguenti ai guasti che la manutenzione permette di evitare e come fattore d'incremento delle opportunità di profitto conseguenti ad un miglior funzionamento degli impianti e delle attrezzature. È opportuno perciò, nel valutare la manutenzione da un punto di vista economico, considerare non solo il costo delle risorse utilizzate per eseguirla (materiali, attrezzature, personale), ma quantificare anche il valore che essa produce in termini di servizio erogato e risparmio permesso.
La struttura complessiva dei costi di manutenzione è indicata nella figura seguente:

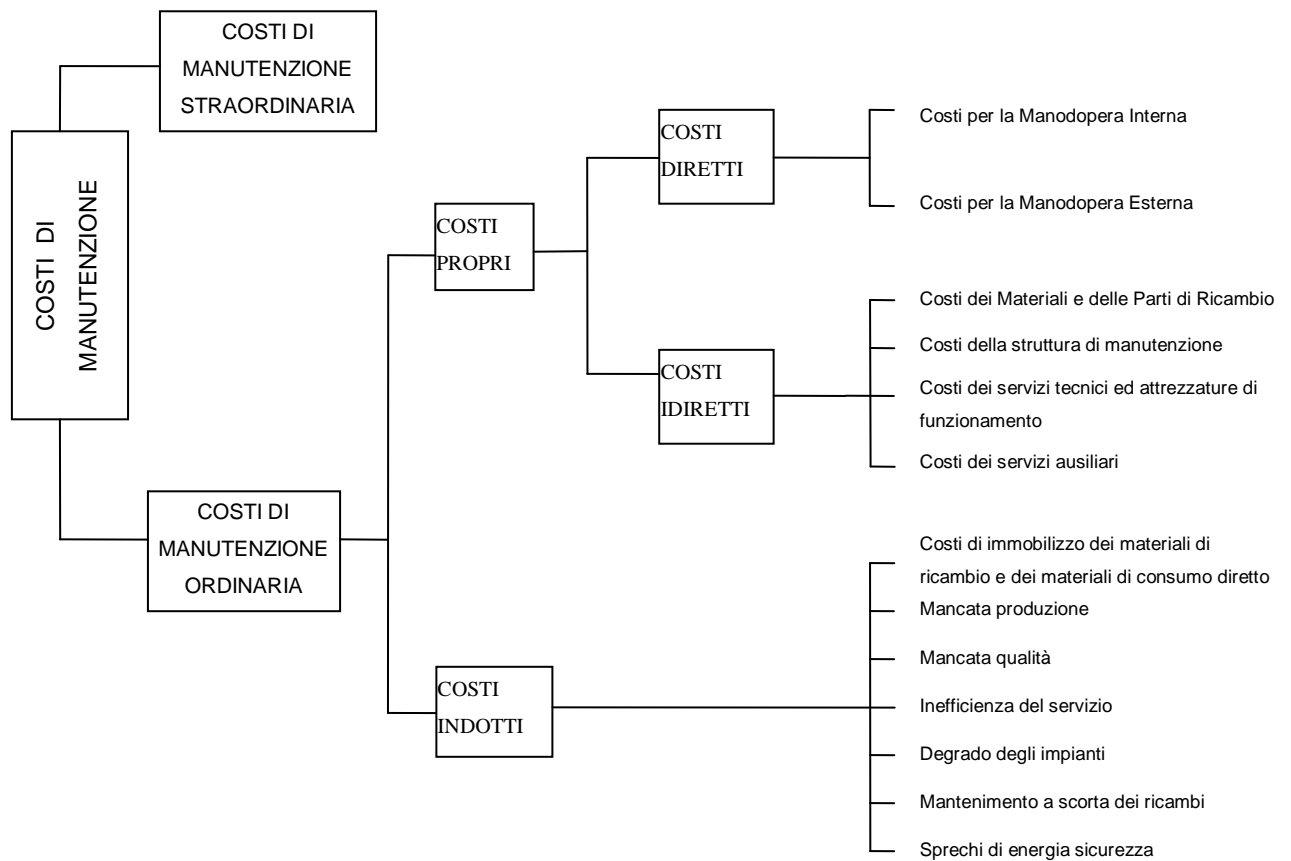



Figura 2.6 - Struttura dei Costi di Manutenzione.

Andando ad analizzare più nel dettaglio i costi relativi alla manutenzione ordinaria si possono distinguere le seguenti categorie:

- I *costi propri diretti*, che si articolano in costi per la manodopera interna, costi per la manodopera esterna (prestazioni di terzi) e costi dei materiali e parti di ricambio, sono relativi alle risorse direttamente associabili all'esecuzione degli interventi manutentivi.
- I *costi propri indiretti*, che si articolano invece in costi della struttura di manutenzione (costi della manodopera indiretta di manutenzione, come ad esempio costo dei capi officina, dei capi squadra, del personale di ingegneria di manutenzione, del gestore del magazzino materiali), costi dei servizi tecnici ed attrezzature di funzionamento (comprendono i costi annui delle attrezzature, del materiale d'esercizio generale, del materiale ausiliario e dei servizi tecnici necessari per lo svolgimento delle attività di manutenzione), costi di immobilizzo dei materiali di ricambio e dei materiali di consumo diretto (costi di immobilizzo a magazzino dei materiali di manutenzione) e costi dei servizi ausiliari (sistema informativo di manutenzione), sono relativi alle risorse impiegate a livello organizzativo nell'esecuzione degli interventi manutentivi, ma non direttamente associabili a questi.

- I *costi indotti* nascono come conseguenza dell'interruzione del servizio/funzione di un impianto o una macchina, interruzione che può avere due diverse origini: il guasto (interruzione casuale ed estemporanea del servizio); o la volontaria interruzione per effettuare interventi di mantenimento. Essi sono quindi esprimibili come la valorizzazione economica di mancate prestazioni rispetto ad obiettivi fissati per gli impianti e macchine oggetto di manutenzione. Il concetto di mancata prestazione può riguardare diversi aspetti, fra cui: i costi di mancata produzione a causa della ridotta disponibilità degli impianti; i costi di mancata qualità (ad esempio scarti di prodotto a causa della riduzione della capacità del processo); i costi dovuti all'inefficienza del servizio (riduzione dei livelli di servizio, tempi di consegna di un prodotto, a causa di ritardi nell'esecuzione dei piani di produzione); - allungamento dei tempi di manutenzione, in quanto gli interventi a guasto, imprevisti, richiedono tempi "amministrativi" più lunghi; i costi dovuti al degrado degli impianti (la loro cattiva conservazione porta a rotture frequenti e riduzione della capacità di processo); i costi dovuti al mantenimento a scorta dei ricambi (Il livello dei magazzini è sempre alto se si adotta una politica di attesa del guasto. Solo con una politica preventiva è possibile ridurre il livello medio di giacenza ed ottimizzare la composizione del magazzino); i costi dovuti agli sprechi di energia; i costi imputabili alla mancata sicurezza (aumento del rischio di incidenti ed infortuni).

I costi propri diretti possono essere ridotti attuando un miglior controllo degli interventi standard: è possibile, anche mediante un'analisi storica sulle tipologie dei guasti accaduti, definire una serie di interventi di routine per i quali siano definibili nel dettaglio le modalità operative, tempistiche, attrezzature, quantità e specializzazioni del personale.

I costi propri indiretti, invece, possono essere ridotti solo attuando una politica preventiva: svincolarsi dal rischio di guasto improvviso costituisce l'obiettivo finale di una moderna manutenzione, che ha tre scopi principali:

1. Riparare i guasti;
2. Impedire la loro insorgenza;
3. Migliorare le prestazioni degli impianti.

Nella figura seguente sono rappresentate le curve dei costi propri (Costi Diretti di Manutenzione), di quelli indotti (Costi di Mancata Produzione) e di quelli totali, somma delle due precedenti curve.

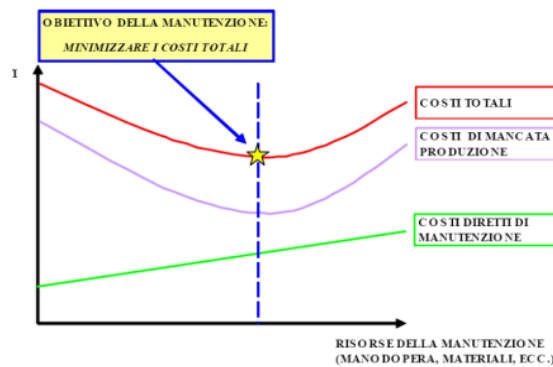



Figura 2.7 - I costi diretti e indiretti di manutenzione.

2.7 **Le politiche della manutenzione**

Per raggiungere gli obiettivi dell'aumento della disponibilità degli impianti/macchine, della riduzione dei downtime e di contenimento dei costi di manutenzione, è fondamentale definire razionalmente gli approcci di manutenzione più appropriati a seconda della tipologia di impianto/macchina, sia dal punto di vista tecnico che organizzativo.

Un primo passo è quello di decidere le politiche manutentive da adottare caso per caso per perseguirne gli obiettivi strategici. In particolare si tratta di definire:

- se e quando operare con interventi di riparazione solo a seguito di un guasto;
- se e quando è invece più opportuno prevenire i guasti effettuando interventi preventivi di manutenzione;
- se e quando è opportuno acquistare strumenti dedicati al monitoraggio delle condizioni degli impianti, per intervenire quando si manifesti una variazione di un determinato parametro rispetto alle normali condizioni di funzionamento, senza attendere che l'evento degeneri nel guasto e nel conseguente fermo dell'impianto;
- per quali entità e attività di manutenzione è opportuno impegnarsi nella ricerca di soluzioni di miglioramento della situazione esistente.

Definire le politiche di manutenzione significa quindi decidere in anticipo le modalità di effettuazione delle attività di manutenzione che dovranno essere svolte sull'impianto. In tal modo, esse non saranno frutto di una semplice casualità, ma conseguenze di scelte razionali e coscienti derivanti dalla conoscenza approfondita degli impianti, dall'analisi dei guasti (tipologie di guasto, distribuzione del tasso di guasto) e da valutazioni di carattere economico relative al costo del ciclo di vita delle macchine e impianti che costituiscono il patrimonio aziendale.

Tale presa di coscienza la si acquisisce rispondendo ad una serie di domande strategiche:

- quale è il comportamento a guasto di un impianto e quale è la più appropriata forma di manutenzione da adottare per controllarlo, tenendo conto delle eventuali possibilità di ispezionare/monitorare il funzionamento dell'entità?
- quale è il confronto tra il costo della manutenzione fatta a seguito del guasto e il costo dell'intervento fatto prima che il guasto accada?
- quali sono i costi ed i benefici derivanti dall'introduzione di possibili miglioramenti nel modo di operare della manutenzione?

Le diverse politiche di manutenzione comunemente adottate a livello industriale e applicate alle diverse tipologie di componenti, consentono di costruire un programma di manutenzione ottimale per ciascun impianto soggetto a manutenzione.
Le politiche comunemente adottate possono essere classificate in quattro grandi categorie (*Figura 2.8.*):

1. Manutenzione Correttiva (a Guasto),
2. Manutenzione Preventiva Programmata (o a Calendario),
3. Manutenzione Preventiva su Condizione (o Predittiva),
4. Manutenzione Migliorativa.

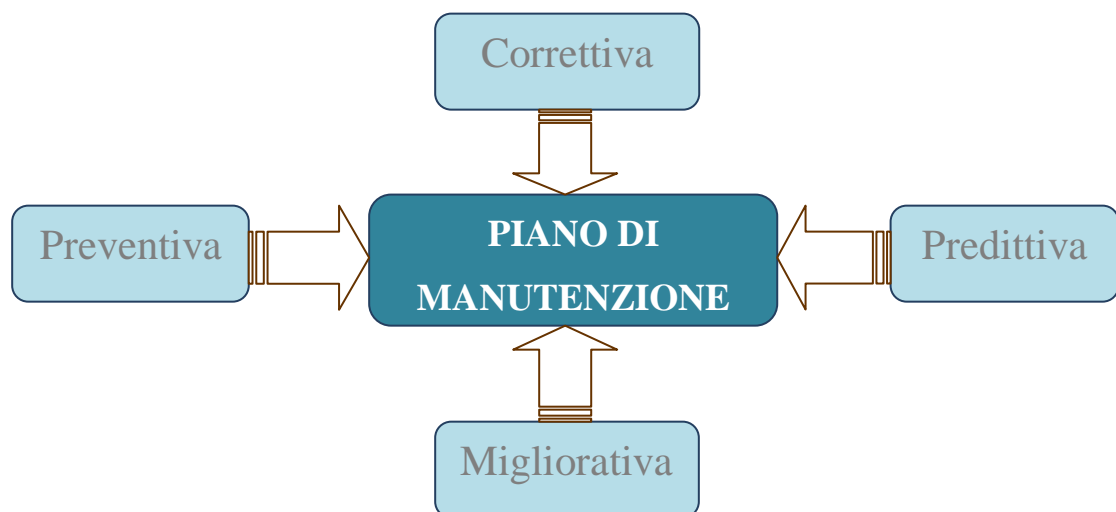



Figura 2.8 - Le Principali Tipologie Manutentive.

Di seguito viene analizzata singolarmente ogni politica manutentiva al fine di evidenziarne le principali caratteristiche, indicarne la tipologia di componenti per i quali ciascuna è più adatta, i punti di forza e di debolezza legati alla loro adozione e le esigenze in termini di risorse umane tipicamente connesse alla loro implementazione.

2.7.1 **Manutenzione Correttiva (a Guasto)**

Una politica di manutenzione a guasto prevede che la macchina venga mantenuta in esercizio fintanto che il manifestarsi del guasto o il progredire del degrado imponga al gestore dell'impianto il suo arresto. Il necessario intervento di manutenzione ha quindi l'obiettivo di riparare la macchina e ripristinare le condizioni iniziali di funzionamento nel minor tempo possibile.

La manutenzione correttiva può presentare diversi livelli, a seconda che si tratti di una riparazione di carattere provvisorio o di una riparazione durevole degli elementi guastati, si effettuata seguendo dei criteri di qualità ben definiti. A volte la riparazione di un guasto grave può essere l'occasione per effettuare una revisione generale dell'attrezzatura e riportarla alle condizioni di funzionamento che la caratterizzavano da nuova, o persino di migliorarla tramite la sostituzione di alcune parti originali con elementi adattabili e che ne garantiscono superiori prestazioni.

Nella situazione odierna, la manutenzione correttiva rimane di grande attualità, poiché non è tecnicamente possibile annullare tutti i guasti di un sistema, ma solo ridurli o cercare di prevenirli agendo sistematicamente.

Questa tipologia manutentiva è caratterizzata da un costo contenuto in quanto si interviene solo quando strettamente necessario, a seguito del guasto; viceversa impone un immobilizzo non indifferente di capitali per i magazzini dal momento che i ricambi devono essere immediatamente disponibili onde evitare lunghe fermate produttive.

Una strategia correttiva conserva una sua validità qualora le tipologie di guasto siano facilmente riparabili in un contesto produttivo in cui il fermo macchina non comporti gravi danni al ciclo produttivo generale. È il caso di avarie a macchine singole ma duplicate, il cui ruolo nel ciclo produttivo può facilmente essere ricoperto da un'altra unità. Il suo utilizzo è giustificato qualora la comparsa della tipologia di guasto a cui è applicata sia scarsamente prevedibile. Una manutenzione sistematica, come si vedrà in seguito, si basa sulla prevedibilità di accadimento del guasto, come nel caso di mancanza o deterioramento dell'olio lubrificante di un'automobile. Prevedere invece la rottura di un alternatore è più difficile e d'altra parte sostituirlo quando è ancora in buone condizioni potrebbe rivelarsi troppo dispendioso.

Dal punto di vista della gestione delle risorse umane, la manutenzione correttiva non risulta ottimale poiché si lavora in emergenza alternando momenti di sovraccarico lavorativo a momenti di inattività. Tale situazione può essere parzialmente evitata adottando soluzioni organizzative volte ad allargare il compito assegnato ai manutentori addetti all'emergenza. Può tuttavia risultare una scelta efficace se applicata su macchinari non critici a basso costo,

per i quali l’accidentalità del guasto non ha impatti sulla sicurezza per l’uomo o per l’ambiente, ma deve sempre essere preceduta da una precisa analisi in grado di confrontare i risultati ottenibili con tutte le diverse attività manutentive alternative applicabili.
Laddove si decida di applicare tale tipologia manutentiva per una determinata macchina, si procederà a registrare solamente gli interventi di manutenzione a guasto effettuati su di essa, dato che non si effettuerà alcun intervento di manutenzione o sostituzione di componenti fin tanto che non si è arrivati alla condizione di guasto come mostrato di seguito.

Figura 2.8 – Successione temporale degli Interventi di Manutenzione Correttiva.

I punti di forza che caratterizzano gli interventi di manutenzione a guasto sono riassumibili nel fatto che comportano bassi costi, se correttamente applicata, e che non richiede strutture organizzative e pianificazioni particolarmente complesse.
Tuttavia prevalgono i punti di debolezza e nella fattispecie:

- non sussiste nessun preavviso di guasto;
- problemi di sicurezza derivati dall’interruzione dell’esercizio e dalla mancata produzione;
- non è possibile programmare l’utilizzo ottimale delle squadre di manutenzione, spesso non impiegate al pieno delle loro possibilità;
- richiede la presenza di un magazzino ricambi sovradimensionato, maggiore di quello necessaria per l’intervento di ripristino, per evitare il verificarsi di stock-out e quindi un’interruzione dell’esercizio.

Bisogna inoltre ricordare che la manutenzione correttiva in alcuni casi, per motivi prevalentemente legati alla sicurezza, non può essere adottata. Si pensi ad esempio al campo del trasporto ed in particolare al settore aeronautico, dove per garantire l'affidabilità del velivolo si ricorre piuttosto alla manutenzione preventiva ciclica e a quella predittiva.

La manutenzione a guasto è comunque uno degli aspetti imprescindibili nella normale attività di un servizio di manutenzione. L'obiettivo della manutenzione in un’ottica di Lean Production è ovviamente quello di ridurne l'incidenza, migliorando l'efficacia degli interventi.

Una soluzione valida è far tesoro delle precedenti esperienze, registrandole in modo sistematico: dalla analisi dei casi più critici (fermate gravi o frequenti) si possono trarre informazioni sia per prevenire o ridurre i danni sia per intervenire in modo rapido ed efficace.

2.7.2 **Manutenzione Preventiva Programmata**

La manutenzione preventiva programmata (detta anche a cicli prefissati, o a calendario), è caratterizzata da interventi effettuati periodicamente, con cadenza fissa. L'obiettivo principale è quello di evitare per quanto possibile l'insorgenza del guasto e preservare in buone condizioni gli impianti durante la loro vita operativa.

Questa tipo di politica trova un campo di applicazione assai vasto, in quanto spesso si tratta di controlli prescritti dalle leggi o dalle norme di sicurezza, e da cui ogni azienda non si può esimere. A tali controlli si aggiungono poi gli interventi di carattere periodico, come:

- le revisioni sistematiche, limitate o generali, che includono la sostituzione periodica di alcuni elementi, la rilavorazione a nuovo di un componente o di una sua parte, il controllo di un intero assemblaggio allo scopo di verificare tolleranze ed accoppiamenti;
- lavori di natura diversa quali la pulizia dei filtri montati su condutture di gas o tubazioni di liquidi, interventi di protezione dalla corrosione, di protezione dal gelo, ecc.

La manutenzione preventiva programmata può essere caratterizzata da costi piuttosto elevati in quanto, dovendo intervenire con largo anticipo sul guasto, se si sostituiscono componenti relativamente nuovi o si effettuano operazioni che potrebbero essere rimandate più in là nel tempo, oltre a non sfruttare a pieno le potenzialità della macchina si corre il rischio di impiegare risorse, sia economiche che umane, in attività non indispensabili, facendole venir meno dove invece sarebbero necessarie. D'altra parte questo approccio garantisce magazzini ricambi più snelli in quanto l'ordine del ricambio può essere fatto sulla base del piano di manutenzione garantendo la disponibilità della parti quando necessarie.

Anche l'organizzazione del lavoro trae benefici dalla programmazione, garantendo una migliore distribuzione degli impegni delle squadre di manutenzione nel tempo. Questo aspetto dipende anche dai vincoli imposti dal processo o dal tipo di produzione realizzati in azienda (ad esempio nel caso di lavorazione su tre turni i tempi della manutenzione preventiva dovranno essere sottratti alla produzione, viceversa per cicli produttivi diversi si potranno concentrare le operazioni di preventiva nei momenti di fermata della produzione).

Tale politica manutentiva può essere gestita secondo due approcci:

1. a data costante (Figura 2.9)
2. a periodo costante (Figura 2.10)

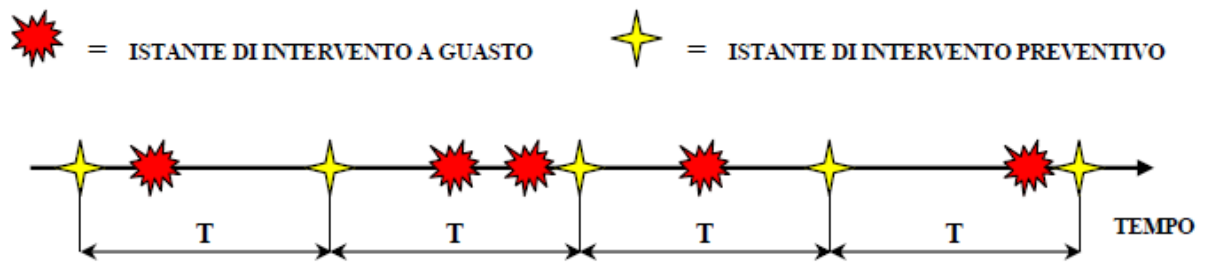



Figura 2.9 - Manutenzione preventiva a data costante nel tempo.

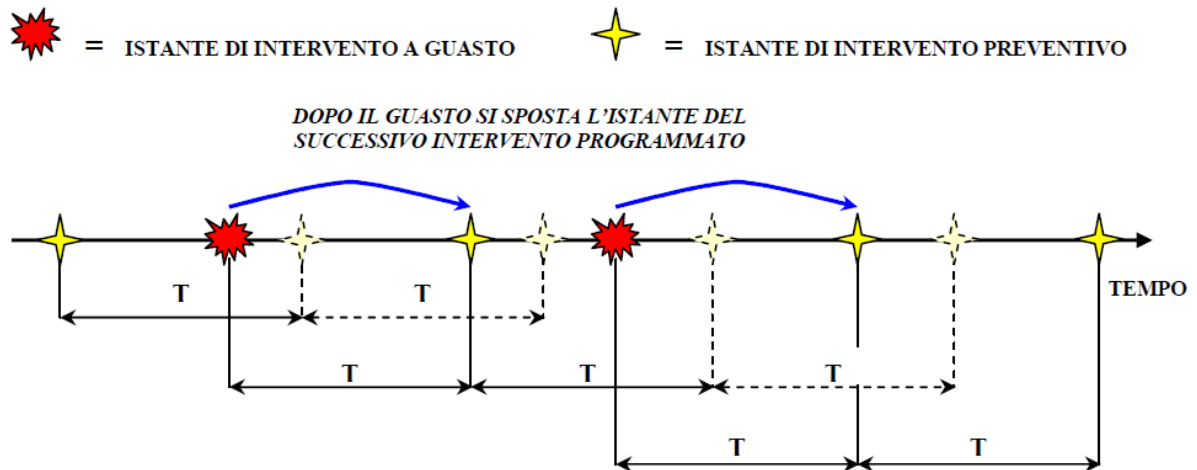



Figura 2.10 - Manutenzione preventiva ciclica ad età costante nel tempo a calendario di un'entità.

Questa strategia manutentiva negli ultimi anni è stata messa in discussione dall'evidenza che la maggior parte dei guasti hanno una probabilità di accadimento casuale e, quindi, la manutenzione a tempi fissati ha una limitata efficacia nell'aumentare la disponibilità dell'impianto.

Quindi affinché un intervento di manutenzione preventiva possa essere considerato tecnicamente realizzabile, occorre siano verificate le seguenti condizioni:

- deve esistere un momento della vita del componente nel quale si verifica un aumento rilevante della probabilità di guasto causata da segni di usura;
- solo una minima parte dei componenti (nessuno in caso di conseguenze sulla sicurezza o sull'ambiente) è soggetta a guasto prima del momento dell'intervento;
- l'intervento deve ripristinare le originarie condizioni di affidabilità del componente.

Entrambe le politiche di manutenzione ciclica richiedono alcuni prerequisiti organizzativi per assicurare la programmabilità degli interventi:

- è necessaria una sistematica raccolta di dati sui guasti occorsi (MTBF, Mean Time Between Failure) e l'elaborazione di opportune statistiche che, abbinate alle

indicazioni dei costruttori, permettono di determinare i più opportuni intervalli di intervento preventivo;

- è necessario l'uso di un buon sistema informativo a supporto della programmazione e gestione delle attività di manutenzione, così da calendarizzare ed in seguito tenere sotto controllo l'esecuzione delle attività cicliche;
- la gestione dei ricambi deve essere coordinata con i piani di manutenzione ciclica;
- il personale deve possedere le competenze tecniche specialistiche per poter eseguire gli interventi preventivi assegnati ed essere capace di gestire bene la propria attività coordinandosi con le altre arre aziendali coinvolte nell'intervento (ad es. il magazzino materiali), al fine di predisporre tutte le risorse necessarie per l'intervento, prima di impegnare la macchina con la manutenzione.

I punti di forza che caratterizzano l'esecuzione di interventi di manutenzione pianificata programmata, sono di seguito elencati:

- la riduzione dei guasti;
- il miglior utilizzo delle squadre di manutenzione;
- l'ottimizzazione delle scorte di materiali;
- la riduzione dei costi connessi alle perdite di funzionalità a seguito di guasti accidentali su componenti critici;
- la riduzione dei tempi di fermo impianto rispetto alla manutenzione correttiva.

I punti di debolezza sono invece:

- l'aumento delle attività e dei costi diretti di manutenzione (programmazione di manutenzioni potenzialmente non necessarie);
- l'applicabilità a problematiche legate solamente all'invecchiamento degli impianti;
- il fatto che a volte l'intervento può indurre esso stesso dei guasti connessi alla mortalità infantile di un componente danneggiato sostituito con uno nuovo.

2.7.3 **Manutenzione Preventiva su Condizione (o Predittiva)**

Per Manutenzione secondo Condizione si intende una manutenzione preventiva subordinata ad un certo avvenimento predeterminato; questo tipo di manutenzione si è sviluppato in seguito alla constatazione che lo smontaggio sostituzione e rimontaggio di alcune attrezzature, nel corso di visite sistematiche, possono talvolta provocare guasti indotti e un danno economico maggiore(in termini di risorse umane, materiali tecnici, ecc.) rispetto al permettere che la macchina funzioni fino a rottura.

La strategia di monitoraggio della condizione, effettuata mediante a verifiche ispettive periodiche, tende quindi ad individuare lo stato di un componente che potenzialmente potrebbe provocare il guasto.

L’obiettivo principale della manutenzione secondo condizione è quindi quello di evitare interventi inutili (tipici della manutenzione sistematica) ma anche quello di evitare interventi di urgenza (tipici della manutenzione correttiva). Tale metodologia è imperniata sull’idea che il guasto di un sistema complesso (macchina o impianto) costituisce il punto terminale di un percorso di vita segnato da un degrado progressivo, quantificabile il più delle volte attraverso la misurazione strumentale dei segnali deboli emessi e la interpretazione del trend di degrado: se esiste un legame funzionale di tipo deterministico tra il valore di un segnale e la vita residua del componente emettitore del segnale stesso, è possibile valutare il tempo residuo prima del guasto e quindi stabilire la data dell’intervento (manutenzione predittiva) mentre se non è noto (o non esiste) un legame quantitativo tra valore di un segnale e la vita residua, si assume come riferimento per avviare l’intervento una indicazione di soglia (manutenzione secondo condizione).

La manutenzione secondo condizione impone sulle attrezzature controlli e diagnosi lungo l’intero arco della loro vita; la misurazione dei segnali emessi dall’attrezzatura (intesi come sintomi di avaria) possono essere rilevati attraverso:

- monitoraggio visivo o sensoriale, avvalendosi dei sensi degli operatori, di specchietti, comparatori, fibre ottiche, video a circuito chiuso, indicatori di visual control;
- monitoraggio delle prestazioni, andando ad osservare l’andamento di alcuni parametri indicativi delle condizioni di funzionamento delle macchine, quali pressione dei fluidi, temperature, velocità di rotazione delle parti rotanti, ecc.;
- monitoraggio delle vibrazioni, mediante trasduttori di spostamento (per frequenze inferiori ai 1000 Hz), di velocità (per frequenze comprese tra 1000 e 3500 Hz) o di accelerazione (per frequenze superiori ai 3000 Hz);
- monitoraggio dell’olio lubrificante, andando ad analizzare il deterioramento tribologico che subiscono le particelle durante il contatto fra le parti che costituiscono un accoppiamento, oppure mediante tecniche quali la ferrografia, il visual crackle, l’analisi del valore di acidità residua (TAN) e del valore di basicità residua (TBN), il test di Karl- Fischer, l’analisi del flash point, ecc.;
- monitoraggio del calore prodotto o emanato da una macchina, attraverso l’utilizzo di termocamere per la misurazione delle radiazioni termiche emesse dalla superficie dell’oggetto in esame.

Adottare un politica di manutenzione predittiva significa quindi dotarsi di strumenti di diagnosi che permettano il monitoraggio di un componente relativamente a precise caratteristiche tecniche e parametri di funzionamento, in maniera tale da riuscire a monitorare lo stato di deterioramento onde evitare la sopraggiunta del guasto e la fermata dell'impianto.
Naturalmente, ad eccezione dei casi in cui è in gioco la sicurezza delle persone, affinché abbia senso l'adozione di una politica di manutenzione predittiva, il costo di quest'ultima deve essere inferiore al risparmio che essa permette di realizzare.
Esistono dei metodi che consentono di quantificare i possibili benefici in termini economici, ed in particolare di calcolare le perdite di produzione evitate, attraverso l'implementazione di questa politica manutentiva.
Innanzi tutto è importante tener presente che gli interventi in emergenza sono di norma più costosi degli interventi manutentivi pianificati; dopo di che un aspetto molto importante da considerare è la stima del possibile scenario di guasto evitato: si cerca di definire degli scenari di probabilità e di capire che benefici possono apportare all'impianto interventi di manutenzione predittiva.
La manutenzione predittiva apporta dei benefici anche in termini di costi diretti, in quanto gli interventi vengono pianificati ed effettuati nel normale orario di lavoro, senza ricorrere a personale esterno o a straordinari; inoltre, i materiali necessari per l'intervento (parti di ricambio) vengono fatti arrivare al momento opportuno riducendo il rischio di stock-out o di slow-moving items.
Per implementare una corretta politica di manutenzione su condizione occorre:

- individuare il sintomo di deterioramento che consente di monitorare lo stato di funzionamento della macchina o del componente;
- acquisire la strumentazione necessaria per la rilevazione del segnale, in funzione delle caratteristiche fisiche che si intende andare misurare, dell'ambiente di lavoro in cu è inserita la macchina e del livello di prestazioni che ci si aspetta dal dispositivo;
- individuare l'intervallo di guasto e dell'evoluzione del modo di guasto a cui è soggetta la macchina;
- definire la frequenza di ispezione e del planning di acquisizione dei dati (su quali componenti, in quali punti, con quale frequenza);
- acquisire i dati secondo la cadenza prestabilita;
- rielaborare e memorizzare le informazioni ricevute;
- analizzare il segnale ed eventualmente diagnosticare le cause e le conseguenze della variazione di stato;

- prevedere azioni di intervento, immediate o differite, a seconda dell'importanza della variazione di stato e della sua evoluzione;
- pianificare gli interventi in termini sia temporali che di risorse umane, materiali e tecnologiche necessarie per il ripristino del corretto funzionamento della macchina.

Le ispezioni definite nel planning di acquisizione dei dati accompagnano la macchina durante tutto il suo periodo di vita, in quanto la manutenzione su condizione viene in genere implementata su quei componenti per i quali, ad eccezione di un periodo iniziale, non esiste un legame tra l'età e la probabilità di guasto.

I punti di forza derivanti dall'adozione di una strategia manutentiva predittiva sono:

- riduzione delle fermate per guasto e conseguente aumento della disponibilità dell'impianto;
- riduzione dei guasti indotti da un guasto precedente;
- una migliore gestione del magazzino ricambi;
- una migliore gestione delle risorse manutentive in termini una più efficace pianificazione degli interventi del team di manutenzione;
- sfruttamento ottimale dei componenti secondo la loro vita utile e aumento di quest'ultima;
- la possibilità di fermare un impianto prima che questo si arresti generando problemi di messa in sicurezza e fermo produzione e conseguente riduzione dei tempi di riparazione;
- il fatto che si riesce ad evitare smontaggi inutili, o la riparazione e/o sostituzione di componenti che non ne necessitano;
- limitazione delle derive qualitative (manutenzione della qualità).

Fra i punti di debolezza è possibile segnalare i seguenti:

- molte delle tecniche diagnostiche richiedono attrezzature specialistiche e training con conseguenti elevati costi d'investimento e di formazione;
- spesso si presentano problemi di falso allarme;
- è richiesto lo sviluppo di algoritmi di diagnosi in certi casi complessi;
- è necessario un certo periodo di tempo per sviluppare trend, valutare le condizioni delle macchine ed individuare le relative soglie di allarme.

2.7.4 **Manutenzione Migliorativa**

La manutenzione migliorativa, chiamata anche proattiva, è senza dubbio l'attività di manutenzione più interessante e, spesso, anche la più redditizia. Essa tende a superare la concezione della manutenzione intesa solo come ripristino e/o prevenzione del guasto. Con questa politica si ha un evoluzione verso la proattività ed il miglioramento continuo. Lo scopo della manutenzione migliorativa è infatti l'eliminazione delle cause che originano il guasto, attraverso la riprogettazione del componente (in toto o in parte) o la rimodulazione del suo impiego.

Tale metodo necessita di una significativa presenza ingegneristica nella funzione manutenzione, culturalmente attrezzata e capace di rimettere continuamente in discussione abitudini e convincimenti consolidati

Ai fini affidabilistici, si rivela più efficace delle politiche di manutenzione preventiva (su condizione e predittiva) poiché non si limita ad "anticipare" il guasto, programmando un intervento un istante prima che codesto accada, con conseguente potenziale perdita di disponibilità, ma orienta il processo in una direzione che non permette né l'insorgere del guasto, né la manifestazione delle derive che lo precedono. In un certo senso la migliorativa conduce il sistema verso una configurazione priva di guasti, e quindi, paradossalmente, priva di manutenzione.

Sul piano economico bisogna invece fare attenzione, come sempre, ai costi ed ai benefici derivanti dall'azione migliorativa lungo il ciclo di vita del sistema. La manutenzione migliorativa potrebbe causare costi insostenibili in rapporto ai benefici ottenuti e, in questo, non essere per nulla conveniente.

Nella maggior parte dei casi la manutenzione migliorativa rappresenta il rimedio ad un errore commesso in fase di progettazione, sia esso un vero e proprio errore di progetto (come nel caso dell'affidabilità), oppure un errore di previsione circa le possibili evoluzioni future del sistema, in termini di impiego o di durata (previsioni oggettivamente difficili). Se le modifiche derivanti dalla manutenzione migliorativa fossero impostate nella fase di progettazione, il costo per la loro realizzazione sarebbe considerevolmente inferiore.

Questo è uno dei motivi per i quali è importante che la manutenzione collabori con la sua esperienza fin dalla fase di progettazione, con risultati che si sommano a quelli ottenuti mediante le analisi RAMS (Reliability, Avalilability, Maintanability and Safety – Affidabilità, Disponibilità, Manutenibilità e Sicurezza).

È evidente che questi ragionamenti non si possono applicare allo stesso modo su un sistema prodotto in un unico esemplare (o prototipale), in una serie limitata (o artigianale) o in una produzione di massa.

Nel caso di piccole serie o di prodotti unici, non è sempre conveniente investire nelle previsioni affidabilistiche e manutentive durante la progettazione, così è proprio in questi casi di "supplenza" che la manutenzione migliorativa esprime il massimo della sua portata.
Gran parte dei macchinari utilizzati dall'industria manifatturiera rientra in queste due categorie, da qui l'assunto iniziale circa l'importanza e l'economicità della manutenzione migliorativa.
Essa introduce importanti punti di discontinuità nei processi aziendali, a cui corrispondono miglioramenti di prestazioni e/o maggiori economie di gestione, potenziando così la competitività al pari del miglioramento continuo (kaizen) del quale la manutenzione migliorativa rappresenta un po' il fratello maggiore.
Durante la fase di introduzione di tale metodologia manutentiva, gli ingegneri ed i membri del team di manutenzione si trovano di norma ad affrontare ed analizzare guasti sistematici dovuti in genere a:

- errori progettuali trascinati nel tempo,
- sovrasollecitazioni per uso diverso,
- sovrasollecitazioni per uso improprio,
- turn-over senza adeguata formazione.

Se l'intervento di Miglioramento è ben fatto, ben eseguito e ben recepito, il fabbisogno di pronto intervento diminuisce bruscamente. Ciò permette di liberare risorse da dedicare alla Manutenzione Preventiva senza costi aggiuntivi. Il tasso di guasto inoltre scenderà ancora per effetto di quest'ultima, questa volta in modo progressivo, liberando ulteriori risorse per la prevenzione.
La manutenzione Migliorativa permette quindi di incrementare la manutenibilità del sistema, rendere meno costosa la prevenzione, ad esempio privilegiando la Predittiva rispetto alla Ciclica rendendo monitorabili componenti che inizialmente non lo erano.

La tabella che segue sintetizza i vantaggi e gli svantaggi relativi ad ogni tipologia di manutenzione precedentemente descritta.

	VANTAGGI	SVANTAGGI
A GUASTO	• bassi costi • non richiede pianificazioni complesse	• nessun preavviso di guasto • problemi di sicurezza • non è possibile una programmazione ottimale delle squadre di manutenzione • magazzino ricambi sovradimensionato
PREVENTIVA PROGRAMMATA	• riduzione dei guasti • miglior utilizzo delle squadre di manutenzione • magazzino ricambi snello • riduzione dei costi connessi alle perdite di funzionalità • riduzione dei tempi di fermo impianto	• programmazione di manutenzioni potenzialmente non necessarie • applicabilità a problematiche legate solamente all'invecchiamento degli impianti • può indurre guasti legati alla mortalità infantile del nuovo componente installato
PREVENTIVA SU CONDIZIONE	• riduzione delle fermate per guasto • aumento della disponibilità dell'impianto • riduzione dei guasti indotti da un guasto precedente • migliore gestione del magazzino ricambi • efficace pianificazione degli interventi delle squadre di manutenzione • sfruttamento ottimale dei componenti • maggiore sicurezza • assenza di smontaggi inutili, o riparazione e/o sostituzione di componenti che non ne necessitano	• necessità di attrezzature specialistiche costose • esigenza di training del personale • possibili problemi di falso allarme • sviluppo di algoritmi di diagnosi complessi; • necessità di un periodo di tempo per valutare le condizioni delle macchine ed individuare le relative soglie di allarme.
MIGLIO RATIVA	• eliminazione delle cause di guasto • integrazione tra manutenzione e progettazione • incremento della manutenibilità dei sistemi	• costi elevati • necessità di supporto ingegneristico • non sempre attuabile

Tabella 2. - Vantaggi e svantaggi delle quattro tipologie di manutenzione industriale.

2.8 **Strategia di scelta delle politiche di manutenzione**

Scegliere una politica di manutenzione non significa escludere tutte le altre, dato che comunque il guasto può sempre accadere e che, in ogni caso, per i diversi componenti di un'entità si possono prevedere politiche di manutenzione diverse.

La scelta delle politiche di manutenzione è orientata alla definizione del Piano di Manutenzione Produttiva, il quale si pone come obiettivo la determinazione del giusto mix di politiche di manutenzione da assegnare a ciascuna entità e la migliore ripartizione delle risorse manutentive (risorse umane, tecnologiche ed economiche).

In generale quando si acquista un nuovo impianto, di solito il fornitore consegna il manuale di manutenzione, ma all'inizio ha poco senso fare manutenzione preventiva. La prima e fondamentale cosa da fare su un nuovo impianto è la raccolta dei dati: tale fase è molto

delicata, in quanto è la base su cui poi si svilupperà la scelta della politica di manutenzione da adottare e la progettazione del piano di manutenzione produttiva.
È necessario quindi disporre di un software per la raccolta e l'elaborazione dei dati e la successiva sintesi di informazioni utili e necessarie per prendere ogni tipo di decisone. In genere le industrie dispongono di sistemi informatici per la gestione della manutenzione, CMMS (Computerized Maintenance Management System), in grado di svolgere tale funzione e facilitare il monitoraggio e la programmazione degli interventi manutentivi.
Una volta raccolti i dati relativi ai guasti ed individuati i componenti critici, si va ad analizzare se è possibile, in un certo qual modo, andare a prevenire il difetto, così da evitare il guasto ed il conseguente fermo macchina o impianto.
La prima domanda da porsi è, quindi, se esista una qualche grandezza fisica, misurando la quale, si possa determinare lo stato di salute del componente; tale grandezza è chiamata segnale debole. Se tale segnale debole non esistesse, ci si dovrebbe domandare, se in base ai dati raccolti o la conoscenza del comportamento su componenti analoghi, la durata della funzionalità di tale componente possa essere determinata con una certa ragionevolezza. Se sì, una politica remunerativa potrebbe essere la sostituzione programmata del componente ad intervalli di tempo o di ore di funzionamento regolari. Qualora non fosse prevedibile neanche la durata della vita media del componente in esame, non resterebbe che procedere con una politica di sostituzione a guasto; in tal caso, l'unica contromisura possibile sarebbe il cercare di avere a scorta tutti i componenti soggetti a guasto e strutturare la manutenzione in modo da intervenire in tempi rapidi all'occorrenza dell'evento di guasto.
Nel caso invece dell'esistenza della previsione di durata della vita media del componente e conseguente scelta di una manutenzione preventiva ciclica, il grosso handicap di tale scelta è costituito dall'eccessiva onerosità delle parti di ricambio, infatti pur limitando i fermi macchina rispetto alla manutenzione a guasto, il rovescio della medaglia è l'andare a sostituire, molto spesso, componenti il cui stato di funzionamento è buono e la cui durata di vita residua sarebbe ancora lunga.
A tale inconveniente si potrebbe far fronte solo attraverso l'individuazione di una qualche grandezza fisica misurabile, correlata allo stato di usura del componente di esame. Una volta individuata tale grandezza fisica, si deve organizzare il piano di manutenzione in modo da monitorare ad intervalli ben definiti l'andamento di tale segnale e tramite l'elaborazione dei dati misurati, andare a determinare i valori critici della grandezza in esame, per i quali è richiesto l'intervento manutentivo, sostituzione componente, regolazione etc. In tali condizioni, si avrebbe convenienza ad effettuate una scelta indirizzata verso una politica di manutenzione ispettiva su condizione.

Meglio ancora sarebbe, se tramite i valori monitorati, si riuscisse a determinare il tempo di vita residuo del componente, così da organizzare l'intervento di sostituzione in prossimità del decadimento della funzionalità del pezzo stesso e sfruttare a pieno la funzionalità del componente in esame; in tal caso si parlerebbe di manutenzione ispettiva di tipo predittivo.
Generalmente la scelta del tipo di politica manutentiva dipende dalla tipologia dell'impianto (se è un impianto a ciclo continuo o organizzato su un solo turno centrale), dal tipo di processo produttivo (se è in linea o flusso teso o se avviene su diverse isole non collegate), dalla presenza o meno di sistemi di back-up.
Si può ad esempio decidere di adottare una politica a guasto quando il ricambio presenta un costo eccessivo per applicare una manutenzione di tipo preventivo, o non ha una vita ben definita (materiale elettrico/elettronico) o quando l'intervento non richiede un lungo fermo.
Il tutto comunque è sempre dettato dall'analisi del costo globale che scaturisce dal fermo dell'impianto e ciò può essere valutato solo attraverso una sistematica attività di raccolta dati. In questo modo si possono determinare i guasti più critici ed adottare delle azioni di tipo preventivo o migliorativo.
Se poi il macchinario presenta alcuni parametri misurabili si può intervenire con una manutenzione preventiva definita ispettiva, che può essere su condizione (cioè quando il parametro che si sta misurando raggiunge un valore limite predefinito – es. analisi degli oli) o predittiva (cioè dal valore misurato si può estrapolare la vita residua del componente e decidere quindi un piano d'intervento – es. analisi vibrazionale).
La scelta della politica manutentiva su un particolare critico per un sistema può seguire il seguente schema:

- Se il componente/impianto comunica un segnale debole prima della sua rottura può essere assoggettato ad una manutenzione su condizione o predittiva attraverso un costante monitoraggio.
- Se invece non dà segnali deboli o non può essere ispezionato ma se ne può ipotizzare la durata si può assoggettarlo ad una politica di manutenzione preventiva attraverso la sua sostituzione programmata.
- Se infine non dà segnali deboli e non se ne può stimare la durata si è costretti ad utilizzare una politica manutentiva a guasto.

Inoltre se la causa del guasto è attribuibile a sporco, usura o vibrazioni la politica di prevenzione del guasto può essere rispettivamente la pulizia, la lubrificazione o il serraggio del componente.

La politica correttiva o su guasto è valida in quelle situazioni ad impatto basso sulla produzione, sicurezza e altri parti della macchina, normalmente con elevati costi dei componenti e di manutenzione preventiva. Viceversa per i componenti più critici con rischi elevati di sicurezza e di produzione che possono comportare lunghe indisponibilità potrà essere scelta una politica preventiva.

Affrontando la scelta della politica bisognerà individuare i componenti più critici in funzione della gravità degli effetti e della frequenza di accadimento:

- Partendo dai guasti più critici per i quali bisognerà cercare di prevenire il guasto si analizzerà la possibilità che esista un segnale debole da monitorare (in tal caso sarà possibile attuare una politica preventiva su condizione); Se non esiste il segnale debole, ma si può prevedere la durata del componente ed effettuare una sua ispezione, allora sarà attuata una politica preventiva su condizione.
- Qualora sia nota la previsione di durata ma non c'è la possibilità di ispezionare il componente si effettuerà una manutenzione preventiva ciclica.

Se non si verificasse nessuna delle due situazioni saremo obbligati ad adottare una manutenzione su guasto. Parallelamente si dovrà analizzare le possibili cause di guasto, cercando di eliminarle o ridurle.

Risulta adesso utile riportare un approccio tipico utilizzato per individuare in maniera chiara i criteri strategici da seguire nella scelta delle politiche e per formulare il piano di manutenzione produttiva più corretto.

I principali criteri che devono essere tenuti in considerazione nella stesura delle logiche decisionali sono i seguenti:

- Criticità del componente o della linea distinguendo se è critico ai fini della sicurezza, della protezione ambientale o della produttività: in genere si distingue la criticità in termini di sicurezza/ambiente rispetto alla criticità sulla produttività/investimento in quanto la criticità sulla sicurezza ed il rispetto dell'ambiente non si possono derogare; si deve quindi intervenire con politiche preventive programmate o su condizione: gli aspetti di produttività/investimenti sono più elastici e possono essere affrontati in termini di costi-benefici, valutando se il beneficio derivante dalla possibilità di prevenire il guasto ricompensa le spese derivanti da approcci manutentivi preventivi; i componenti non critici, salvo casi in cui l'approccio preventivo è a basso costo, possono essere mantenuti con politiche correttive.
- Vincoli di legge, assicurativi o di garanzia: di norma i fornitori di apparecchiature impongono ispezioni o sostituzioni periodiche programmate senza le quali scadono le

garanzie; le norme stesse richiedono tale approccio (ad esempio la taratura periodica delle valvole di sicurezza) e spesso anche le compagnie di assicurazione vincolano il premio alle politiche di manutenzione adottate.

- Applicabilità dal punto di vista tecnico, di politiche su condizione: la manutenzione su condizione è la più vantaggiosa, ma purtroppo non è sempre applicabile per mancanza di un segnale debole "affidabile" in grado di garantire sempre il riconoscimento del guasto imminente oppure, pur essendo disponibile, il segnale debole precede di poco il guasto non consentendo alla manutenzione di organizzare in modo adeguato l'intervento; in questi casi se il componente è critico si dovrà ricorrere alla preventiva programmata, altrimenti si lascia il componente in correttiva.
- Costi degli interventi preventivi: per i guasti non critici solo in termini produttivi, un elemento di giudizio per la scelta della politica ottimale è il costo aggiuntivo derivante dagli interventi preventivi; in caso di Manutenzione Preventiva Programmata il costo deriva dall'impegno a revisionare e sostituire parti ben prima che queste arrivino in prossimità della condizione di guasto, d'altro canto come affermato precedentemente la preventiva permette di snellire i magazzini ricambi. Per quanto riguarda la Preventiva su condizione rimane il vantaggio per la gestione dei magazzini, si evitano gli smontaggi inutili, ma si deve valutare attentamente l'investimento necessario per installare i sistemi e le procedure di monitoraggio.
- Problematiche organizzative connesse alle politiche correttive: la politica correttiva è quella più facile da attuare, ma richiede notevole flessibilità delle squadre e la capacità di operare in emergenza; richiede inoltre un magazzino ben fornito onde evitare ritardi logistici sulle riparazioni. Comunque tale politica deve essere sempre meno utilizzata, anche se non può essere del tutto abbandonata, perché anche una pianificazione ottimale non può essere in grado di evitare tutti i guasti; inoltre la correttiva è la più vantaggiosa per i componenti non critici.

Lo schema seguente mostra il processo decisionale che porta alla scelta della politica manutentiva più opportuna, tra quella a guasto, preventiva programmata e preventiva su condizione sulla base dei criteri stabiliti, fermo restando che ciascuna metodologia deve essere integrata con le altre e con gli interventi di manutenzione migliorativa nell'ottica di un Piano generale di Manutenzione Produttiva per ciascuna macchina e/o impianto.

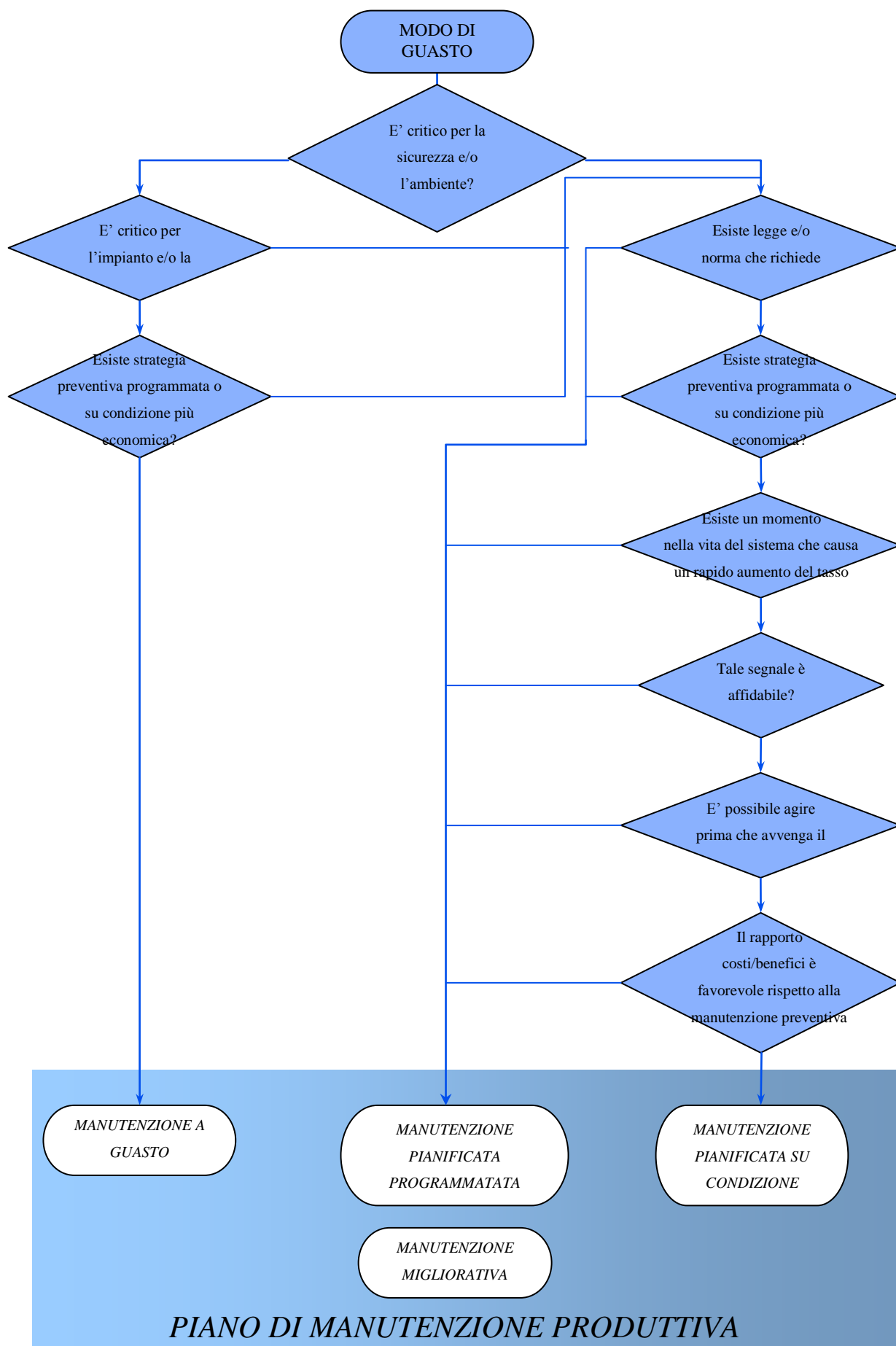



Figura 2.11 - Logica decisionale per la definizione del Piano di Manutenzione Produttiva.

Generalmente la criticità dei modi di guasto e di conseguenza di un impianto è ben nota ai manutentori, che conoscono benissimo quali sono e dove sono i suoi punti deboli e sono in grado di indicarli immediatamente senza incertezze: analogamente gli addetti alla fabbricazione conoscono altrettanto bene quali sono e dove sono i colli di bottiglia del processo in cui operano.
Ciò nonostante è bene impostare l'approccio all'analisi tecnica degli impianti, individuando degli indicatori oggettivi, facilmente misurabili che servano non solo per definire il livello di criticità di un impianto e dei suoi componenti, ma soprattutto per monitorare i benefici delle azioni intraprese a fronte di un piano di attività, rispetto al valore iniziale di riferimento.
Uno dei metodi più utilizzati è l'Analisi di Pareto (diagramma ABC): ordinando in maniera decrescente i dati, si mettono in evidenza le variabili più significative di un evento. In prima posizione verrà posto il primo parametro su cui intervenire e successivamente gli altri con importanza decrescente: in questo modo ci si concentra sui parametri che effettivamente condizionano il problema.

2.9 **Osservazioni conclusive**

Dall'introduzione sulla manutenzione esposta, si è inteso dimostrare che operare nella manutenzione non significa solo "riparare" ma anche studiare le cause tecniche e umane che portano ai guasti per prevenirli e tutte le azioni intese ad organizzare le risorse per massimizzare l'efficacia e l'efficienza del servizio nell'ottica dell'ottimizzazione economica globale del sistema produttivo. Da questa nuova idea nasce il concetto di Manutenzione Produttiva Totale, che estende il ruolo della manutenzione a servizio aziendale, in modo che da funzione complementare e distaccata dalla produzione diventi parte integrante dell'attività produttiva attraverso una razionale organizzazione del lavoro e l'integrazione con le altre funzioni aziendali. Il TPM, illustrato in dettaglio nel capitolo successivo, diventa quindi la scelta vincente nella gestione della manutenzione delle strutture e degli impianti.

Capitolo 3: Total Productive Maintenance

3.1 **Introduzione**

Nell' evoluzione industriale, la manutenzione ha assunto straordinaria importanza, incidendo in termini sempre più significativi sulla competitività industriale, attraverso la ricerca di una più stretta collaborazione tra le parti coinvolte nel processo produttivo. La moderna visione dell'organizzazione industriale, obbligata dall'elevata competitività del contesto in cui si trova ad operare a livelli di performance sempre maggiori, tende ad identificare la manutenzione non più come una funzione aziendale accessoria alla produzione, che interviene dopo il manifestarsi del guasto, ma come una sua parte integrante, volta a migliorare le prestazioni complessive dei sistemi produttivi. In quest'ottica di sempre maggiore integrazione interfunzionale si inseriscono le motivazioni che portano all'approccio della manutenzione produttiva.

Il Total Productive Maintenance (TPM) è un sistema di gestione della manutenzione che cerca di realizzare l'integrazione tra la produzione e la manutenzione, attraverso la condivisione

degli obiettivi e la collaborazione di tutte le persone coinvolte direttamente nel processo produttivo.
Definito dalla Norma UNI 10147 come “Insieme di azioni volte alla prevenzione, al miglioramento continuo e al trasferimento di funzioni elementari di manutenzione al conduttore dell’entità, avvalendosi del rilevamento di dati e della diagnostica sull’entità da mantenere”, il TPM si colloca all’interno di una profonda innovazione culturale industriale in corso, dove la manutenzione da attività semplicemente riparativa sta assumendo i connotati di “servizio” indispensabile per programmare e garantire nel tempo il mantenimento della qualità.
La tecnica TPM richiama il Total Quality Management (TQM) in molti aspetti, quali:

- la necessità dell'impegno e del supporto del top management;
- la motivazione e la responsabilizzazione dei dipendenti (sono chiamati ad effettuare essi stessi azioni manutentive);
- l’adozione di un'ottica di lungo periodo, in quanto l'implementazione del TPM, così come del TQM, richiede più di un anno.

L’obiettivo principale del TPM è quello di ridurre al minimo le fermate degli impianti aumentandone la disponibilità ed allo stesso tempo le prestazioni; fra gli scopi vi è inoltre l’eliminazione di ogni tipo di perdita (uno dei motti di questo approccio è infatti “zero perdite, zero difetti, zero incidenti, zero guasti”), l’aumento della vita operativa delle macchine e l’aumento dell’efficienza del sistema produttivo.
In pratica, questo nuovo approccio combina il metodo americano della manutenzione preventiva con quello giapponese del controllo totale di qualità ed il coinvolgimento degli operatori a qualsiasi livello aziendale. Il risultato che ne scaturisce è un sistema innovativo per la manutenzione delle macchine che elimina i guasti e le microfermate, promuove gruppi autonomi di manutenzione attraverso attività di ispezione giornaliere e migliora la qualità e l’efficienza del sistema produttivo.
Nelle compagnie dove questo sistema è già stato adottato ha portato ad ottimi risultati, tra cui una riduzione dei guasti e delle rotture sulle macchine, una forte diminuzione dei tempi di set-up, di aggiustamento e delle microfermate, una riduzione delle giacenze di parti di ricambio, il miglioramento del posto di lavoro, l’aumento delle conoscenze e della professionalità degli operatori di linea e dei manutentori, nonché una riduzione dei difetti di qualità sui prodotti finiti, degli incidenti sul posto di lavoro ed un forte aumento della produttività e dell’efficienza dei reparti produttivi.

3.2 **Il TPM nell’ottica della Lean Production**

Il termine "Lean Production", che tradotto significa “Fabbrica Snella”, descrive una filosofia che incorpora un insieme di strumenti e tecniche da utilizzarsi nei processi aziendali per ottimizzare il tempo, le risorse umane, le attività, la produttività, e nello stesso tempo per migliorare il livello qualitativo dei prodotti e servizi al cliente.

Un'azienda che produca con i criteri della "produzione snella" produce di più, con le risorse che ha a disposizione ed elimina sistematicamente tutte le attività che non creano valore aggiunto. In altri termini, produrre i beni ed i servizi usando il minimo quantitativo di tutto: costi, tempo, spazio, risorse umane e finanziarie, ottenendo in questo modo i seguenti benefici:

- riduzione dei tempi ciclo,
- riduzione degli inventari, materie prime e prodotto finito,
- riduzione dei semilavorati in fabbricazione,
- riduzione dei costi di produzione,
- aumento della potenzialità produttiva dell'azienda,
- miglioramento del tempo di consegna,
- aumento delle vendite,
- aumento della produttività,
- miglioramento della qualità,
- profitti in crescita,
- aumento della sicurezza e della tutela degli operatori e dei clienti,
- ambiente di lavoro sicuro, ordinato, pulito ed efficiente,
- incremento della qualità del prodotto fornito.

La Lean Production si fonda sul concetto di “Lean-thinking”, un modo di ragionare teso ad accrescere la flessibilità dell'impresa attraverso un ripensamento dell'intero flusso di creazione del valore, dalla progettazione fino alla gestione degli ordini.

Il cardine del pensiero snello è rappresentato dalla continua ricerca ed eliminazione degli sprechi allo scopo di creare un flusso produttivo e d'informazione che fluisca, senza accumuli o intoppi, attraverso tutta l'azienda. La tensione verso la perfezione (intesa come un asintoto) attraverso il miglioramento continuo rappresenta una vera sfida per le aziende snelle.

La struttura organizzativa caratteristica della Fabbrica Snella è unanimemente considerata il modello di eccellenza per i moderni sistemi produttivi. L'unità operativa elementare, detta anche minifabbrica, che caratterizza la fabbrica snella è la cellula base dove trovano applicazione i principi organizzativi e le linee guida di questa concezione, riassumibili in:

- gestione per processi;
- struttura produttiva piatta;
- polivalenza dei ruoli operativi (allargamento e arricchimento delle mansioni);
- cultura del lavoro in team;
- adozione delle tecniche produttive giapponesi (TQM, TPM, JIT, ecc.);
- adozione del Kaizen (miglioramento continuo e sistematico).

La Lean Production, in quanto sistema integrato con altri (qualità, economico finanziario, etc.), parte dall'alto con obiettivi tipici di business plan, per tramutarsi in progetti specifici di miglioramento, con focus in particolare sulla produzione e l'erogazione del prodotto/servizio. Di fatto, applicare un sistema Lean Production non si discosta molto dall'applicare un sistema di gestione per la qualità: gli obiettivi a livello di business vengono tramutati in azioni specifiche per i processi al fine di ridurre se non eliminare 7 categorie di sprechi:

Figura 3.1 – Le 7 categorie di sprechi in ottica Lean Production.

Tra gli sprechi che si possono riscontrare in una tipica realtà produttiva del settore metalmeccanico si possono elencare i seguenti:

- Il guasto occasionale o il non corretto funzionamento di una macchina.
- La difficoltà nel trovare subito il materiale o l'attrezzo che serve.
- La mancanza di materiale che determina il fermo cella.
- Il prelievo di materiale da una posizione poco sicura e difficilmente accessibile.
- Il non saper cosa fare, ed il non avere istruzioni su come fare un'operazione.
- Il non riuscire a trovare un materiale, un attrezzo, un mezzo di trasporto perché qualcuno l'ha preso ma non so dove sia.

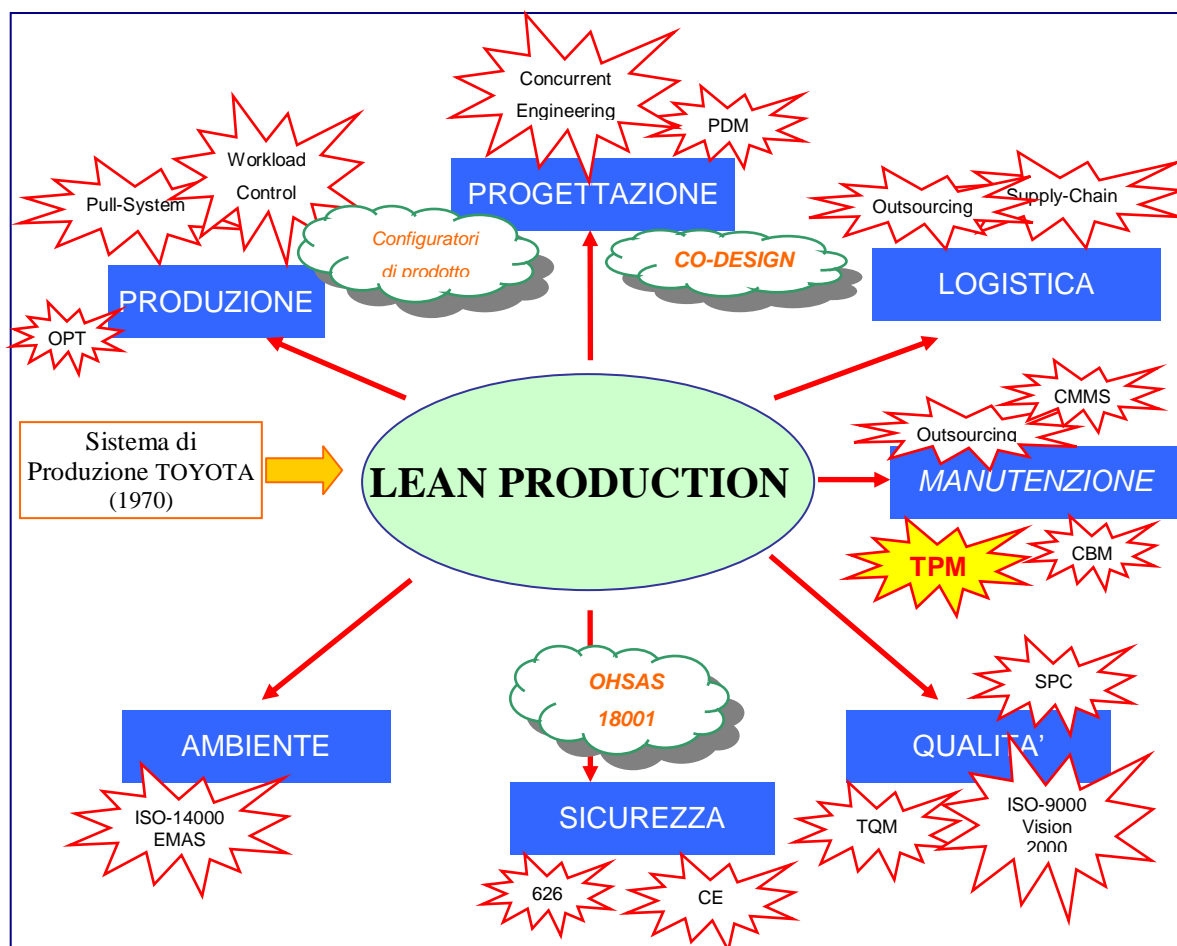
La Lean Production deve quindi comprendere l'intero sistema di realizzazione del prodotto o servizio, gestendo i processi relativi al cliente, la progettazione e sviluppo, la produzione, la manutenzione e tutta la catena di approvvigionamento (Supply Chain Management).

3.2.1 **Gli strumenti della Lean Production**

Molti degli strumenti e metodi alla base della Lean Production sono stati ereditati dalle esperienze degli anni '80 effettuate dalle aziende eccellenti giapponesi, in particolare modo da Toyota. Fra di essi assumono un ruolo chiave nell'ottica di una riduzione continua degli sprechi i seguenti metodi:

- CELLULAR MANUFACTURING
- HEIJUNKA
- JIT: Just In Time
- KAIZEN
- KANBAN/SISTEMA "PULL"
- METODO delle "5S" - Seiri (selezionare e eliminare); Seiton (mettere in ordine utensili, strumenti e materiali); Seiso: (pulire); Seiketsu (definire lo standard); Shitsuke (disciplina, mantenere e migliorare gli standard)
- POKA-YOKE
- SMED - Single Minute Exchange of Die
- TAKT TIME
- TPM - Total Productive Maintenance.

3.3 **Origine ed affermazione del Total Productive Maintenance**

Sviluppato in Toyota per rendere le proprie macchine estremamente efficienti e poter attuare il Just In Time mediante la tecnica pull, il TPM è oggi usata in tutto il mondo da ogni azienda che voglia aumentare la capacità dei propri mezzi e attuare una produzione di tipo "lean".

3.2 - Origine del TPM.

L'esigenza di minimizzare le perdite e di ridurre il costo del ciclo di vita di un impianto ha portato al superamento della contrapposizione fra le funzioni (progettazione, produzione, manutenzione) ed alla suddivisione e condivisione delle responsabilità.

Si sviluppa l'idea che una corretta gestione della manutenzione possa non soltanto ridurre i costi ma generare profitto.

Questo nuovo modo di intendere il rapporto tra manutenzione e produzione ha avuto come diretta conseguenza un cambiamento a livello organizzativo: a tutta l'azienda, dai vertici fino all'operatore di linea, è infatti richiesto di partecipare alla conservazione, al corretto utilizzo ed al miglioramento delle macchine e dell'ambiente di lavoro.

L'affermarsi di questa nuovo modo di pensare ha fatto sì che potesse emergere ed affermarsi la filosofia del Total Productive Maintenance, risultato degli studi di Seichii Nakajima, pubblicati in Giappone nel 1971 dopo lunghi anni trascorsi ad analizzare ed approfondire le tematiche connesse all'integrazione tra manutenzione e produzione in realtà manifatturiere americane ed europee.

Il TPM ha infatti come intento principale quello di superare le tradizionali divisioni fra manutenzione e produzione, per ottenere un sistema integrato dove gli operatori di produzioni sono direttamente responsabili del mantenimento delle corrette condizioni di funzionamento degli impianti presso cui si trovano a svolgere il proprio lavoro, attraverso alcune semplici attività di manutenzione autonoma.
Questa attribuzione di responsabilità deriva dal fatto che sono gli operatori a conoscere meglio di chiunque altro lo stato di salute delle macchine, avendo a che fare con quest'ultime per gran parte della propria giornata lavorativa.
La manutenzione non si esaurisce più,quindi, nel singolo intervento operativo e occasionale, bensì l'obiettivo è portare al minimo le emergenze e gli interventi manutentivi non programmati.
Il TPM tenta di seppellire i principi di Adam Smith sulla divisione del lavoro. Il vecchio "adagio" comincia a diventare rapidamente obsoleto, per essere rimpiazzato dal "motto":

"*Siamo TUTTI responsabili delle nostre macchine e del VALORE che esse contribuiscono a generare*"

Nel suo schema strutturale tradizionale, il TPM coinvolge tutti i livelli delle funzioni principali aziendali, in primo luogo la Produzione, la Manutenzione, e l'Engineering/Ufficio Tecnico Impianti. Come tale, il TPM è una disciplina orientata all'integrazione.
Siamo quindi di fronte ad una realtà che ha trasformato la manutenzione tradizionale, di stile tipicamente americano (*Productive/preventive Maintenance*), in una politica di stile giapponese fondata sulla attività dei piccoli gruppi, che coinvolge in maniera trasversale tutti i livelli aziendali, dal vertice fino al personale di prima linea (*Figura 3.3*).

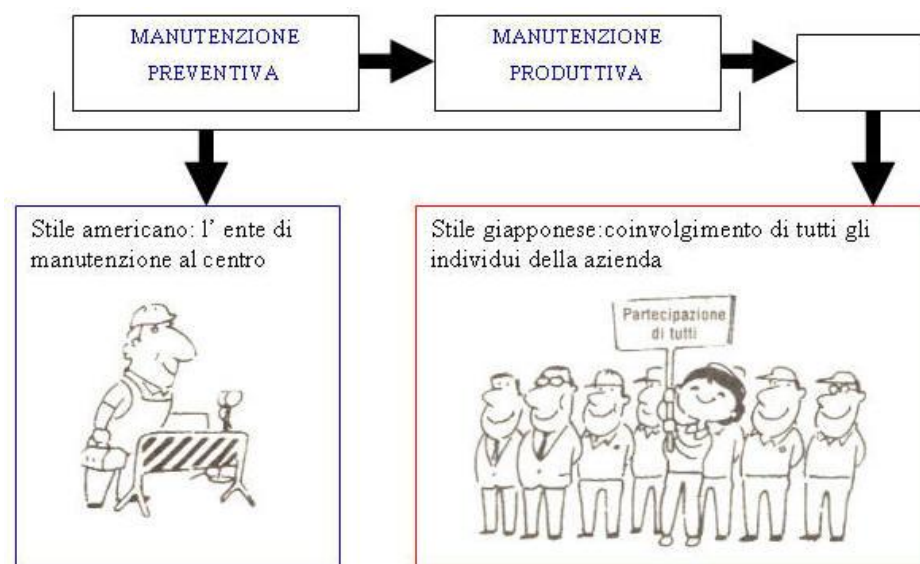



Figura 3.3- Dall'approccio americano si passa all'approccio giapponese.

Il Total Production Maintenance scaturisce da una politica aziendale tesa a:

- sostenere la prevenzione,
- potenziare il monitoraggio impiantistico,
- proporre il miglioramento continuo della qualità del prodotto coinvolgendo gli operatori che fino ad oggi si ritengono estranei al processo di manutenzione , ma che invece ora sono coinvolti in prima persona nel processo di miglioramento dell'intervento manutentivo.

Analizzando nello specifico il significato di TPM, Total Productive Maintenance – manutenzione produttiva totale, possiamo individuare due elementi chiave nella sua nomenclatura che ci permettono di fornire una prima panoramica più specifica della strategia in analisi.

- ❖ Per manutenzione produttiva s'intende quella tipologia di manutenzione focalizzata sulla manutenibilità e affidabilità delle macchine nonché sulla riduzione dei costi di manutenzione. Obiettivo è di aumentare la produttività di un'impresa riducendo i costi totali dei macchinari lungo tutto il suo ciclo vita, dalla progettazione alla fabbricazione, alla sua operatività e manutenzione, nonché le perdite legate al suo degrado.
- ❖ L'aggettivo "totale" si riferisce a quattro elementi:
  - L'efficienza totale: l'efficienza economica, di profittabilità e delle macchine (OEE). Tale elemento include pertanto aspetti di produttività, costi, qualità, sviluppo e sicurezza.
  - La manutenzione totale, ovvero la manutenzione di tutti i macchinari durante il loro intero ciclo di vita. Ciò include politiche di manutenzione preventiva nonché di miglioramento della manutenibilità.
  - La partecipazione totale, ovvero partecipazione di tutte le risorse all'interno dell'azienda anche mediante le attività in piccoli gruppi di lavoro.
  - Il coinvolgimento totale, ovvero il coinvolgimento di tutte le funzioni aziendali, in primo luogo attraverso un rapporto sinergico tra manutenzione e produzione per un miglioramento continuo della qualità, dell'efficienza operativa, della produttività e della sicurezza.

Tutte le attività del TPM possono essere ricondotte a cinque strategie principali definite dal JIPM (*Japan Institute of Plan Management*):

- Massimizzare l'efficienza complessiva degli impianti attraverso la loro ottimizzazione, la loro disponibilità, performance, efficienza e qualità del prodotto.
- Definire una politica di manutenzione preventiva e predittiva (manutenzione basata su dati statistici) che copra l'intero ciclo vita dell'impianto.
- Coinvolgere tutte le funzioni che interagiscono con gli impianti produttivi (pianificazione, gestione, manutenzione,..).
- Coinvolgimento di tutti i dipendenti dal top management agli operatori.
- Promuovere il miglioramento della manutenzione attraverso attività in piccoli gruppi.

Il seguente diagramma mostra gli aspetti fondamentali necessari per la buona riuscita del TPM ed i risultati ottenibili dall'applicazione della stessa.

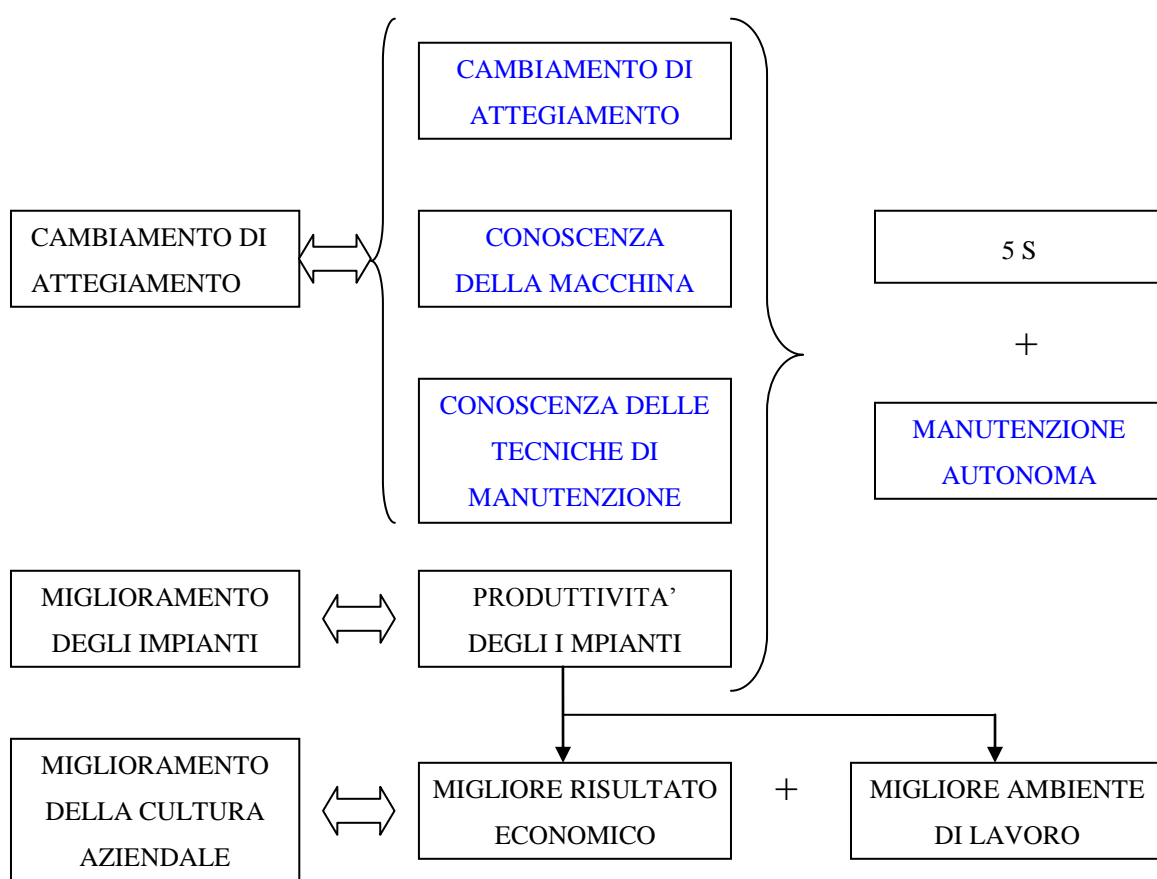



Figura 3.4 – Concetti Fondamentali del Total Productive Maintenance.

3.4 **I campi d'azione del TPM**

I campi d'azione del TPM si articolano su due piani diversi, organizzativo e tecnologico. Sul piano *organizzativo* l'obiettivo è il trasferimento all'interno del processo produttivo di tutte le responsabilità e quindi anche quelle relative alle prestazioni dei mezzi di lavoro e alla

loro manutenzione. In particolare il TPM stimola il processo di appropriazione della gestione della macchina da parte del conduttore o macchinista.

Sul piano *tecnologico* l'obiettivo è il miglioramento della capacità della macchina di lavorare in qualità. Si agisce quindi sul miglioramento contestuale della disponibilità e della qualità e conseguente riduzione degli scarti, si punta cioè sull'ingegnerizzazione della manutenzione.

Occorre tener presente che negli ultimi anni i macchinari e gli impianti industriali hanno raggiunto un livello di complessità e di automazione molto elevato, di conseguenza anche i capitali investiti sono cresciuti in pari misura obbligando le aziende ad impegni finanziari molto gravosi e prolungati nel tempo. Risulta quindi necessario fare in modo che l'impianto, una volta che è stato programmato per una certa produzione, non sia interessato da fermate, sia per guasti, sia per difetti o qualsiasi altro motivo. E' intuitivo infatti capire come le fermate abbiano conseguenze pesantissime sui costi.

La definizione dei campi d'azione del TPM mostra l'ampio spettro di interesse di questo innovativo approccio che spazia dall'officina agli uffici, dall'arricchimento professionale del personale alla salvaguardia della sua salute e sicurezza.

In passato era sufficiente basarsi sui servizi della manutenzione, che faceva di tutto, oltre alle normali riparazioni, dallo stringere un bullone lento a modificare le logiche di un computer industriale. Oggi il perfetto funzionamento di un centro di lavoro, proprio a causa della maggiore complessità, dipende da un numero molto maggiore di parametri, non tutti necessariamente tecnici o rigorosamente di manutenzione. E' quindi essenziale riuscire a creare una mentalità per cui siano gli operatori a doversi prendere cura della loro macchina e per fare questo è necessario che tutto il personale collabori in questo sforzo.

Il TPM ha quindi per finalità l'incremento della produzione attraverso la massimizzazione dell'efficienza dei macchinari perseguita attraverso la partecipazione e la motivazione di tutti i dipendenti, ottenendo in tal modo un miglioramento della soddisfazione e del morale dei dipendenti (*Figura 3.5*)

Figura 3.5 - Migliorare i processi attraverso il miglioramento delle persone.

Tale visione globale ed interfunzionale viene sintetizzata nello schema di seguito riportato.

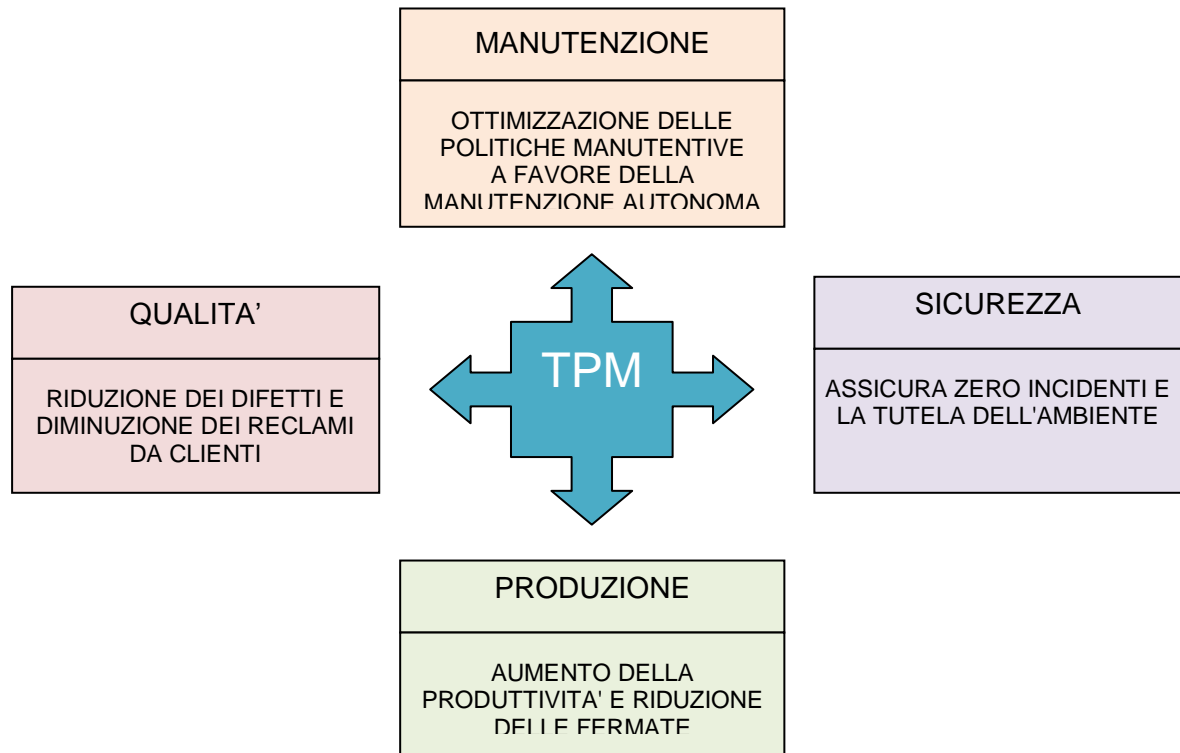



Figura 3.6 – Campi d'Azione del TPM

Le realtà produttive sono un concentrato di perdite dovute alla mentalità ed al comportamento delle persone che vi lavorano, a cominciare dal vertice aziendale fino al personale di prima linea. Per creare un'inversione di tendenza si rende necessario innanzitutto cambiare la mentalità delle persone e solo allora si può pensare a un miglioramento strutturale degli impianti ed ottenere la riduzione delle perdite. Proprio grazie al miglioramento delle persone e degli impianti sarà possibile migliorare le aziende e renderle capaci di affrontare tutti i cambiamenti che i nuovi scenari di mercato gli impongono.

3.5 **Il tempio del TPM**

Il TPM può essere rappresentata come un tempio (*Figura 3.7*), alla cui base troviamo l'analisi delle perdite e i cui pilastri, in numero di otto, rappresentano i principi base di tale tecnica.

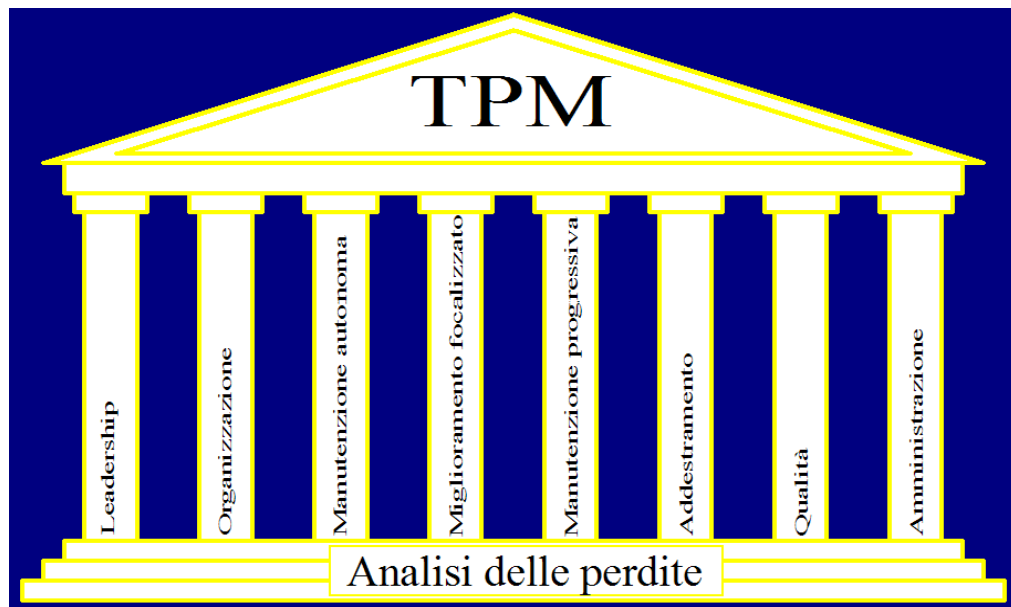



Figura 3.7 – Il tempio del TPM.

3.5.1 **Gli 8 pilastri del TPM**

Di seguito vengono illustrati gli 8 principi base della metodologia TPM.

3.5.1.1 **I Pilastro – *Leadership***

L'implementazione del TPM richiede l'azione diretta e continua del middle management, pronto a raccogliere le criticità dal campo ed a fornire sia aiuti diretti che valori guida, ma anche fermo nel richiedere coerenza e disciplina. Se il leader non insiste ogni giorno per conseguire il miglioramento ed il rispetto degli standard fissati, se le politiche non vengono mantenute, gli operatori non credono all'impegno dell'azienda e non cambiano atteggiamento. Il Management deve quindi essere capace di fornire gli stimoli e le motivazioni necessari a tutto il resto del personale. Anche se è snella e ben dimensionata, un'azienda deve avere una mente che la guida. Oggi non ci si riferisce più al solo vertice aziendale, ma ad una combinazione di intelligenza, miglioramento ed innovazione individuali cui partecipano tutti i dipendenti dell'azienda all'interno di un sistema di obiettivi ambiziosi.

3.5.1.2 **II Pilastro – *Organizzazione***

A livello organizzativo il TPM richiede la creazione di team che ne supportino l'implementazione. Il primo passo è quello di designare un TPM coordinator con il compito di educare i dipendenti ed iniziarli ai principi del TPM.
Successivamente vengono creati team autonomi: operatori, personale di manutenzione, supervisori di reparto, manager devono essere inclusi nel team. È necessario individuare una squadra non improvvisata ma opportunamente dimensionata e motivata, una unita "operativa"

focalizzata su un obiettivo comune, una mission chiara, dove la consapevolezza dei tempi e dei costi devono essere chiari e non presunti e soprattutto condivisi. Ovvero, un team dove ogni persona si sente direttamente coinvolta nel processo ed è incentivata a fare del suo meglio per contribuire al successo della squadra.

Il TPM coordinator guida il team finché i membri non familiarizzano con il processo e non emerge spontaneamente un team leader.

Il team di lavoro ha la responsabilità di:

- definire con precisione i problemi,
- dettagliare la lista di azioni correttive,
- eseguire il processo correttivo.

Il TPM richiede inoltre la creazione dell'"information factory" e l'applicazione dei concetti di TPM al sistema informativo aziendale, in modo da ottimizzare i flussi e rendere il TPM trasversale e capillare.

3.5.1.3 **III Pilastro –** ***Manutenzione Autonoma (Autonomous Maintenance)***

La manutenzione autonoma, nota anche con il termine automanutenzione, è uno degli aspetti principali e di vera innovazione portati dal TPM e può essere definita come il complesso delle attività di manutenzione e conduzione svolte dal personale di produzione.

Il concetto chiave dell'automanutenzione è di far "crescere" gli operatori macchina, ed incrementare il loro know-how ed abilità assegnando loro l'esecuzione di attività base di manutenzione (pulizia "intelligente", lubrificazione, serraggi, piccole riparazioni, settaggi elementari, ispezioni programmate, ecc.). In tal modo, gli operatori imparano a "conoscere" bene le macchine, e sono presto in grado di individuare segnali anche deboli di "logorio" ed "usura", fin dagli stadi iniziali. Il che assicura interventi manutentivi più tempestivi e previene la crescita ed il propagarsi del deterioramento.

Attraverso una corretta implementazione di tale approccio è possibile:

- misurare il degrado, attraverso sistematiche ispezioni giornalieri ed il controllo delle condizioni operative;
- prevenire il degrado, attraverso una corretta gestione delle anomalie ed una sistematica esecuzione di azioni pulizia, lubrificazione, serraggi e regolazioni minori;
- rimediare al degrado, rilevando le anomalie prontamente, studiandone le opportune contromisure, ed eseguendo piccole riparazioni preventive.

Si deve quindi fare un salto di qualità rispetto al passato: la cura degli impianti non deve essere più solo compito dei manutentori, in quanto tale prassi rende difficile l'eliminazione

tempestiva dei guasti e dei difetti. Con il TPM, invece, i guasti e i difetti possono essere eliminati mediante la manutenzione autonoma, svolta dagli operatori che sono a contatto quotidiano con gli impianti.
La parola d'ordine per gli operatori deve essere quindi "Prendersi cura personalmente dei propri impianti", diventando protagonisti sul lavoro (*Tabella 3.2*).

Nuovo profilo dell'operatore	
• Conduttore- manutentore	• È in grado di "prendersi cura" della macchina a lui affidata, svolgendo, oltre alla normale attività di conduzione, anche piccoli interventi di manutenzione
Nuovo ruolo del manutentore	
• Manutentore d'area polivalente	• Allarga le proprie conoscenze e competenze ed è in grado di valutare gli effetti che l'attività manutentiva ha sul processo produttivo

Tabella 3.2 – Il nuovo ruolo dell'operatore e del manutentore.

<u>Obiettivi della manutenzione autonoma</u>

La missione dei reparti produttivi consiste nel fabbricare prodotti di buona qualità in modo economico e veloce, in modo da massimizzare la produttività e l'efficienza dell'impianto; di conseguenza uno degli aspetti più critici per il perseguimento di tali obiettivi è l'individuazione tempestiva delle anomalie a cui sono soggetti gli impianti, e la successiva risoluzione delle stesse.
Il deterioramento delle macchine è il risultato della composizione di due fattori congiunti:

- deterioramento naturale;
- deterioramento forzato (cattiva gestione/uso).

Conseguentemente, gli obiettivi che ci si prefigge con l'implementazione di un programma di manutenzione autonoma sono quelli di:

- prevenire il deterioramento forzato delle macchine e rallentare quello naturale attraverso controlli e piccoli interventi di manutenzione giornalieri;
- riportare la macchine al loro stato ideale mediante la sostituzione dei componenti deteriorati;
- stabilire le condizioni necessarie a mantenere le macchine in buon stato.

Attività tipiche

Svolgere attività di manutenzione autonoma significa prendersi cura personalmente delle macchine, partendo dalla pulizia della postazione di lavoro, per arrivare all'esecuzione di ispezioni di alcuni componenti, riparazioni di semplice esecuzione, lubrificazione della parti in movimento, sostituzioni di componenti, monitoraggio dello stato di salute, ecc.

Tali attività di manutenzione giornaliera di controllo ed eliminazione delle fonti di contaminazione, finalizzate ad arrestare il deterioramento forzato, sono affidate agli operatori di linea. Infatti, nessuno più di loro è ne conosce meglio le condizioni di funzionamento ed è in grado di percepirne i segnali, spesso deboli, premonitori di un guasto imminente.

La manutenzione autonoma si traduce quindi nelle attività:

- pulizia delle attrezzature per assicurarne il corretto stato di funzionamento e facilitarne l'individuazione delle anomalie (5S);
- lubrificazione e l'ingrassaggio degli elementi meccanici per evitarne o ritardarne l'usura e ridurre le perdite di energia;
- ispezione quotidiana dei propri impianti (Visual Control);
- visite sistematiche per regolazioni, riavvitamento dei bulloni, piccoli interventi, ecc.;
- riparazioni e sostituzioni di componenti guasti o difettosi;
- controllo delle tolleranze e delle condizioni di funzionamento.

Ruolo della formazione

Spesso gli stessi operatori non sono sufficientemente motivati a scoprire, prevenire, riportare gli inconvenienti di macchine e impianti. Non si sentono abbastanza preparati dal punto di vista tecnico e tendono a subire piuttosto che a dominare i fenomeni quotidiani che si verificano nei reparti di produzione.

Per far fronte a queste problematiche occorre formare operatori di produzione esperti di impianti, capaci, se insorgono problemi relativi agli impianti nel proprio reparto, di fronteggiare l'emergenza e ripristinare il più velocemente possibile la produzione. Affinché ciò sia possibile occorre la volontà della leadership di:

- formare operatori che siano esperti di impianti e macchinari, capaci di scoprire le anomalie, risolverle e ripristinare le normali condizioni di funzionamento;
- far comprendere l'importanza delle pulizie come mezzo di ispezione e di prevenzione delle anomalie dei macchinari;
- dare indicazioni per realizzare migliorare impianti e attrezzature;
- gestire il problema della lubrificazione in fabbrica;
- stimolare l'attività di gruppi di miglioramento e la loro formazione.

Similmente occorrerà riconsiderare il rapporto tra i temi di crescita professionale, sia in termini di capacità di ispezione e diagnostica che di capacità tecniche, e gli attuali criteri di organizzazione del lavoro operaio, che sanciscono attualmente una netta divisione e parcellizzazione dei compiti tra gli operatori di produzione ed manutentori, inquadrandone in maniera rigida le mansioni e le fasce retributive.
È necessario rendersi conto che il differenziale competitivo è generato dagli uomini che operano in azienda, ecco quindi che il TPM, come tutte le attività che provengono dall'oriente, si indirizza proprio sulla crescita continua delle competenze/capacità delle persone che operano nella fabbrica, sulla quali bisogna investire in termini di formazione e crescita professionale (*Tabella 3.3*).

LA CRESCITA DELL'OPERATORE

Prima	*Dopo*
• Non dialoga con gli altri	• Partecipa e collabora
• Esecutore di un compito	• Polivalente e polifunzionale
• Rifiuta le innovazioni	• Considera l'innovazione come un'opportunità di crescita professionale
• Non si pone domande	• Pone domande e pretende delle risposte
• Si sente una comparsa	• Vuole essere protagonista
• Non fa autocritica	• Si mette in discussione e rispetta le idee degli altri

Tabella 3.3 – la crescita dell'operatore.

<u>Fasi della manutenzione autonoma</u>

L'approccio alla manutenzione autonoma è graduale, un passo dopo l'altro, in modo da definire chiaramente tutte le fasi e permettere audits alla fine di ogni step.
I passi per implementare e consolidare la manutenzione autonoma sono sette, come illustrato nella tabella riportata di seguito. I primi tre si prefiggono di eliminare le cause di deterioramento forzato, sostituire parti usurate, stabilire e mantenere le condizioni di base delle macchine; nei passi quattro e cinque i team leaders istruiscono gli operatori circa le procedure di ispezione con cui si dovranno ridurre i guasti ed aiutano il personale di produzione a comprendere i meccanismi di funzionamento delle macchine e del processo.
Infine, i passi sei e sette sono ideati per diffondere e sviluppare i concetti riguardanti le attività della manutenzione autonoma attraverso la standardizzazione dei sistemi e dei metodi.

L’obiettivo risultante finale è quello di creare standard di pulizia e lubrificazione. La Tabella 3.4 riporta, oltre ai passi per la completa realizzazione, i concetti più importanti per ciascuno di essi.

STEP	**OBIETTIVI**
Ispezione e pulizia iniziale	Eliminazione completa di sporco e macchie soprattutto sulla parte principale degli impianti. Lubrificazione e serraggi. Scoperta degli inconvenienti degli impianti e relativo ripristino.
Eliminazione delle fonti di contaminazione e dei luoghi non accessibili	Prevenzione di sporco e macchine. Miglioramento dei posti di difficile accesso per pulizia e lubrificazione. Riduzione dei tempi di pulizia e lubrificazione.
Creazione degli standard di lubrificazione e pulizia	Elaborazione di standard in modo da svolgere pulizia, lubrificazione e serraggi in tempi brevi
Condurre l’Ispezione Generale dell’impianto	Formazione delle competenze tecniche per l’ ispezione seguendo il manuale delle ispezioni. Individuazione delle piccole imperfezioni attraverso l’implementazione dell’ispezione
Sviluppare l’Ispezione Generale dell’impianto	Ispezionare, rivedere e migliorare il processo produttivo mediante l’utilizzo di liste di controllo per l’ispezione autonoma
Sistematicizzare la Manutenzione Autonoma	Standardizzazione delle voci di gestione nei vari reparti e creazione di un sistema completo di mantenimento.
Completa realizzazione della manutenzione autonoma	Registrazione regolare dell’analisi MTBF seguendo la politica aziendale, lo sviluppo degli obiettivi e le attività di miglioramento Analisi e miglioramento degli impianti

Tabella 3.4 - Passi per l’Implementazione della Manutenzione Autonoma.

Fase 1: Ispezione e pulizia iniziale

La pulizia è il punto di partenza della buona manutenzione. Consente di effettuare un’ispezione, che può portare a scoprire ed eliminare anomalie altrimenti nascoste.

Risolvendo gli inconvenienti emersi possono essere attuate modifiche o contromisure per evitare le cause che gli hanno prodotti: in questo modo si innesca il circolo virtuoso del miglioramento continuo.

La realizzazione di questa fase, consente di riportare la macchina esattamente allo stato originario (situazione ideale): è infatti importante che avvenga il ripristino dell’impianto alle normali condizioni di funzionamento.

Questa fase, apparentemente semplice ed ovvia, costituisce un primo passo verso la conoscenza della macchina e delle sue corrette condizioni di funzionamento.

Il primo step verso l’implementazione della Manutenzione Autonoma può essere sintetizzato nei seguenti punti:

- la pulizia è ispezione;

- l’ispezione è scoperta degli inconvenienti;
- gli inconvenienti sono il punto di partenza e lo stimolo per il ripristino dei macchinari o per il loro miglioramento.

Pulizia non vuol dire semplicemente lucidare le parti principali dell’impianto, le centraline elettriche, le calotte di protezione e così via. Significa eliminare completamente lo sporco che per lunghi anni si è formato anche negli angoli più nascosti. Si devono aprire le diverse calotte di protezione e i vari sportelli di chiusura, si deve estrarre l’olio dal serbatoio, toccare con le mani anche gli angoli più nascosti e mai analizzati, pulirli alla perfezione. Inoltre la pulizia consente di conoscere i vari punti sospetti e di riflettere su come dovevano essere originariamente gli impianti.

Una pulizia che non fa scoprire le anomalie e gli inconvenienti dell’impianto, perciò è semplicemente pulizia e non può chiamarsi pulizia che diventa ispezione. Le macchine, inoltre, a causa della polvere e della sporcizia, sono soggette ad un lento degrado che provoca difetti e guasti sulle stesse.

Quando si parla di degrado devono essere distinti il degrado naturale da quello forzato:

- In un impianto, anche se utilizzato correttamente, si verifica usura tra componente e componente, nei punti di contatto; In questo modo, col tempo si assiste ad un tipo di degrado che viene chiamato degrado naturale.
- Il degrado forzato invece, è il degrado che avviene per comportamenti non corretti: non vengono puliti i posti da pulire, non vengono lubrificate le zone che necessitano di attività periodiche di lubrificazione, oppure non si interviene nonostante ci siano dei sovraccarichi o rumori ripetuti.

La Tabella seguente identifica le attività tipiche di questo step, gli obiettivi per i macchinari dell’impianto, per gli operatori e l’impegno da parte della direzione.

ATTIVITA’	OBIETTIVI		RUOLO DELLA DIREZIONE
	PER L’IMPIANTO	PER GLI OPERATORI	
Eliminare completamente polvere e sporcizia sugli impianti. Lubrificare e stringere i bulloni; scoprire e correggere i piccoli problemi dell’impianto. Rimuovere le cose non necessarie; pulire e sistemare gli attrezzi e le macchine necessarie.	Prevenire il deterioramento forzato provocato da polvere e sporcizia. Scoprire e correggere piccoli difetti attraverso la pulizia. Rimuovere le cose non necessarie dall’area intorno all’impianto/macchina. Razionalizzare e lubrificazione.	Creare un senso di consapevolezza e padronanza dell’impianto toccandolo e maneggiandolo. Coltivare l’abilità di individuare piccoli difetti dell’impianto Riconoscere l’importanza della pulizia.	Identificare le aree prioritarie da pulire e guidare le attività. Istruire sull’importanza della pulizia (formazione). Preparare delle schede diagnostiche. Assumere responsabilità nelle operazioni e nell’implementazione delle attività.

Tabella 3.5 – Step 1 della Manutenzione Autonoma: Ispezione & Pulizia Iniziale.

Fase 2: Eliminazione delle fonti di contaminazione e dei luoghi inaccessibili

In questa fase vengono messe in atto tutte le misure per eliminare o diminuire le fonti di contaminazione e ridurre il tempo necessario per ripristinare la pulizia. In questo modo si incentiva l’interesse e la volontà di migliorare gli impianti, attraverso:

- la localizzazione e l’eliminazione delle cause che danno origine a sporco;
- la ricerca e l’eliminazione di perdite di liquidi o polveri;
- la riduzione al minimo delle spazio dove si genera lo sporco;
- la realizzazione di miglioramenti per facilitare la pulizia e le ispezioni.

In questa fase trovano valida applicazione ripari, sportelli di ispezione, sistemi per arrivare rapidamente alla zone interessate, sostituzioni di viti con leve o altri sistemi rapidi di bloccaggio.

Le protezioni consentono di prevenire la dispersione di trucioli, polveri, ecc., in zone della macchina dove lo sporco è presente maggiormente; queste però se estese a grandi aree possono produrre al contrario i seguenti problemi:

- il degrado forzato viene tralasciato e questo provoca l’insorgenza di guasti;
- pulizia, lubrificazione ed ispezioni sono disagevoli e, perciò, non è possibile effettuare una manutenzione corretta e si attende il guasto;
- le operazioni di attrezzaggio sono disagevoli e comportano tempi lunghi.

Inoltre, oltre agli inconvenienti sopra citati, le protezioni comportano un aumento dei costi di fabbricazione, nonché la necessità di maggiore tempo per la pulizia e l'esecuzione degli interventi di manutenzione autonoma.

Per eliminare questo tipo di inconvenienti è necessario ridurre al massimo le dimensioni delle protezioni e limitare la dispersione dei materiali in una piccola area vicino al punto di origine: di qui il concetto di "localizzazione" delle protezioni in zone specifiche.

ATTIVITA'	OBIETTIVI		RUOLO DELLA DIREZIONE
	PER L'IMPIANTO	PER GLI OPERATORI	
Eliminare tutte le fonti di contaminazione che possono causare deterioramento (polvere, sporcizia) e prevenire perdite di olio. Eliminare tutti i luoghi inaccessibili dove sono difficili pulizia ed ispezioni (migliorare le operazioni per abbreviare il tempo necessario alla pulizia ed alle riparazioni). Stabilire priorità delle parti in cui effettuare l'ispezione giornaliera. Confermare il miglioramento continuo ed i suoi effetti.	Facilitare pulizia e ispezione dell'impianto attraverso l'eliminazione delle fonti di polvere e sporcizia nelle aree in cui è difficile la pulizia e l'ispezione. Migliorare la Manutenibilità dell'impianto.	Migliorare continuamente nella messa in pratica di prescrizioni a breve e padroneggiare l'applicazione del metodo e delle concezioni del miglioramento continuo. Fare piacevolmente l'attività di miglioramento continuo (piacere nel lavoro manuale).	Fornire i concetti e mettere in pratica il miglioramento continuo degli impianti. Preparare i criteri di lavoro e gli standard work. Implementare il controllo a vista e le istruzioni sullo sviluppo dei dispositivi.

Tabella 3.6 – Step 2 della Manutenzione Autonoma: Eliminazione delle fonti di contaminazione e dei luoghi inaccessibili.

Fase 3: Creazione di standard di pulizia e controllo

La realizzazione di standard consente di avere la garanzia che tutti eseguono lo stesso lavoro nello stesso modo e con gli stessi risultati.

I membri del gruppo definiscono in piena autonomia cosa controllare e in che modo farlo; stabiliscono gli standard (quando, come, dove, chi, perché, con quali strumenti) per le operazioni di serraggio di bulloni, pulizia e lubrificazione degli impianti.

Vengono inoltre migliorate le procedure, ad esempio perfezionando le tecniche di pulizia o introducendo il controllo visivo per la lubrificazione.

La novità portata dalla logica della TPM sta infatti proprio nel fatto che gli standard operativi, che sono poi le regole a cui attenersi, non sono imposte dall'alto, ma ragionate, decise ed accettate dai diretti interessati.

ATTIVITA'	OBIETTIVI		RUOLO DELLA DIREZIONE
	PER L'IMPIANTO	PER GLI OPERATORI	
Preparare criteri di azione che consentano una proficua prosecuzione di pulizia, lubrificazione e serraggio in un tempo più breve. Miglioramento continuo nel metodo di ispezione e nel controllo visivo.	Mantenere i tre elementi basilari della manutenzione degli impianti: pulizia, lubrificazione e serraggio.	Stabilire dei criteri di autodecisione e stretta aderenza ad essi.	Preparare standard per le tecnologie e le Tecniche. Chiarire le procedure per studiare come l'impianto deve essere

Tabella 3.7 – Step 3 della Manutenzione Autonoma: Creazione di standard di lubrificazione e pulizia.

Fase 4: Condurre Ispezioni Generali dei macchinari

Mediante l'ispezione generale si attua un processo organizzativo e culturale che porta ad apprendere il funzionamento delle parti della macchina attraverso l'addestramento da parte di ingegneri e tecnici della manutenzione. Si arriva ad acquisire la capacità di governare i fattori che incidono sulla qualità del prodotto, oltre che ispezionare in autonomia e sicurezza le parti dell'impianto da controllare, sistemando anche eventuali inconvenienti. In particolare gli addetti alla produzione acquisiscono le competenze necessarie per rilevare le anomalie. Per facilitare il compito vengono sviluppate tutta una serie di segnali ed indicazioni da apporre sulle parti dell'impianto (esempio verso di rotazione, posizione aperto-chiuso, livello del liquido, ecc.), noti come strumenti di gestione a vista.

I punti essenziali relativi alle attività di tale step sono:

- la comprensione delle funzioni e della struttura dei propri impianti (formazione trasmessa dai responsabili e capi della manutenzione);
- il cercare di ispezionare gli impianti concretamente, dopo essersi accertati della propria comprensione per mezzo di test;
- il sistemare i nuovi inconvenienti scoperti;
- il procedere attuando completamente una gestione a vista.

ATTIVITA'	OBIETTIVI		RUOLO DELLA DIREZIONE
	PER L'IMPIANTO	PER GLI OPERATORI	
Perfezionare le capacità di ispezione, utilizzando manuali di ispezione. Scoprire e ripristinare l'ispezione generale. Preparare standard di ispezione autonoma.	Eliminare i deterioramenti attraverso l'ispezione generale esteriore dell'impianto e migliorare l'affidabilità. Miglioramento continuo di aree dove è difficile una azione risolutiva e una ispezione normale. Rendere efficiente l'ispezione.	Acquisire abilità ispettive. Capire le funzioni e i meccanismi dell'impianto. Conoscere approfonditamente il sistema di raccolta e utilizzo dei dati. Sviluppare attività di miglioramento continuo. Capire l'importanza dell'imparare a comunicare.	Preparare testi per l'addestramento all'ispezione generale. Pianificare il processo di formazione e addestramento. Formare i leader. Follow-up della Formazione/Addestramento. Preparare il manuale di Ispezione generale e le Schede di controllo.

Tabella 3.8 – Step 4 della Manutenzione Autonoma: Conduzione delle Ispezioni Generali dei Macchinari.

Fase 5: Sviluppo delle Ispezioni Generali dei Macchinari

Con lo sviluppo delle ispezioni autonome sui macchinari si identifica una ulteriore fase di crescita in cui alle attività di prova e verifica degli standard di pulizia ed ispezione svolte dagli operatori si aggiungono quelle preparate dagli specialisti, attraverso un calendario di attività cicliche di manutenzione annuale (controlli, sostituzioni, revisioni, ecc.). Vengono corretti gli standard di pulizia, ispezione e lubrificazione elaborati con i passi 1-3; vengono revisionate le check-list delle ispezioni create durante il passo 4; Si prosegue quindi con degli standard efficienti per mettere in atto concretamente le attività di mantenimento nei tempi fissati come obiettivo.

A questo punto, vengono inoltre decise le modalità con cui mettere insieme la manutenzione specialistica e quella autonoma per realizzare un sistema manutentivo più efficiente. Di conseguenza, in conformità con lo sviluppo della manutenzione autonoma, alla fine del passo 4 anche l'ente di manutenzione deve aver finito di elaborare il calendario di manutenzione annuale e gli standard di messa a punto (standard per l'implementazione delle ispezioni, per il cambio componenti, per lo smontaggio ecc.).

ATTIVITA'	OBIETTIVI		RUOLO DELLA DIREZIONE
	PER L'IMPIANTO	PER GLI OPERATORI	
Rivedere i criteri di pulizia, lubrificazione e ispezione generale ed integrarli in criteri di vasta portata per contribuire alle attività mirate all'efficienza. Preparare e sviluppare schede di controllo per l'ispezione autonoma. Migliorare il controllo a vista e la semplicità di funzionamento.	Mantenere i miglioramenti indenni da deterioramento attraverso l'ispezione generale. Miglioramento continuo degli impianti che hanno una buona semplicità di funzionamento.	Mantenere autonomamente i propri impianti. Decidere autonomamente ed osservare strettamente le norme di pulizia e lubrificazione. Imparare quali sono le condizioni ideali dell'impianto.	Insegnare come analizzare con precisione i dati. Gestione e manutenzione efficace degli impianti.

Tabella 3.9 – Step 5 della Manutenzione Autonoma: Sviluppo delle Ispezioni Generali dei Macchinari.

Fase 6: Sistematicizzazione della Manutenzione Autonoma

Il sesto step riguarda la gestione del mantenimento di una situazione di pulizia stabile, attraverso il riordino del posto di lavoro.

Questa fase si occupa di logistica del posto di lavoro, della corretta disposizione degli attrezzi, dei materiali di consumo, dell'eliminazione delle cose inutili e di altre iniziative di tipo logistico mirate a semplificare e migliorare il lavoro dell'operatore. Inoltre occorre indirizzare le attività di manutenzione autonoma svolte degli operatori di produzione verso la ricerca diretta dei miglioramenti che rendano gli standard più facili da applicare.

Si raggiunge quindi una standardizzazione, ossia attraverso l'ordine e la sistemazione dei diversi oggetti che si trovano nei reparti produttivi, si passa all'ordine ed alla sistemazione delle regole che vanno osservate. Si tratta quindi di una sistematicizzazione delle ispezioni e della precisione degli impianti nonché dei compiti a cui devono adempiere gli operatori.

La Tabella seguente identifica le attività tipiche di questo step, gli obiettivi per i macchinari dell'impianto, per gli operatori e l'impegno da parte della direzione.

ATTIVITA'	OBIETTIVI		RUOLO DELLA DIREZIONE
	PER L'IMPIANTO	PER GLI OPERATORI	
Individuare gli aspetti da gestire. Standardizzazione degli aspetti da gestire e sistematizzazione della gestione della manutenzione.	Miglioramento continuo dell'affidabilità, della manutenibilità e della facilità di funzionamento. Rivedere e migliorare continuamente le condizioni degli impianti e l'organizzazione	Migliorare la tecnologia di gestione. Estendere il campo di azione delle attività di pulizia e lubrificazione. Avere un pieno controllo a vista	Dirigere sotto l'aspetto tecnico per promuovere la standardizzazione. Rivedere gli standard e la gestione nel suo complesso.

Tabella 3.10 – Step 6 della Manutenzione Autonoma: Sistematicizzazione della Manutenzione Autonoma.

Fase 7: Completa realizzazione della manutenzione autonoma

Costituisce la verifica della piena autonomia nella gestione degli strumenti della manutenzione autonoma.

Con questa fase si prende atto sia dell'autonomia degli operatori di produzione nel governare gli impianti affidati, sia dell'integrazione con la manutenzione specialistica. Gli operatori, alla fine del processo diventano indipendenti, sicuri ed esperti e sono in grado di monitorare il loro lavoro e di apportare i necessari miglioramenti autonomamente.

Come ogni processo di miglioramento continuo, anche la manutenzione autonoma richiede una costante attenzione del sistema affinché non si verifichino derive che allontanino i risultati da quelli attesi.

ATTIVITA'	OBIETTIVI		RUOLO DELLA DIREZIONE
	PER L'IMPIANTO	PER GLI OPERATORI	
Sviluppo delle politiche/obiettivi dell'organizzazione. Fare una analisi quantitativa dell'attività di miglioramento continuo. Implementare l'analisi MTBF, la registrazione delle anomalie attraverso controllo a vista e il miglioramento degli impianti.	Miglioramento continuo dell'affidabilità, manutenibilità e facilità di funzionamento degli impianti attraverso un miglior controllo auspicando l'analisi di diversi dati. Massimizzare l'efficienza globale degli impianti.	Aumentare la consapevolezza degli obiettivi e dei costi complessivi inclusi i costi di manutenzione. Acquisire la tecnica di raccolta e analisi dei dati e le tecnologia del miglioramento continuo.	Fornire assistenza tecnica per il miglioramento continuo degli impianti. Standardizzare i temi perfezionati. Erogare formazione e addestramento nella capacità di riparazione.

Tabella 3.11 – Step 7 della Manutenzione Autonoma: Completa realizzazione della manutenzione autonoma.

3.5.1.4 **IV Pilastro – *Miglioramento Focalizzato (Focused Improvement)***

Il IV pilastro del TPM centra la sua attenzione sull'analisi delle perdite e sulla corretta individuazione delle cause.

I responsabili della manutenzione autonoma dovranno far ricorso al miglioramento focalizzato ogni qualvolta avranno a che fare con perdite croniche, le cui cause siano difficilmente identificabili.

I concetti fondamentali su cui si basa questa tipologia di approccio alla manutenzione sono i seguenti:

- semplificazione dei processi (eliminare gli sprechi energetici);
- semplificazione delle macchine (ridurre il lavoro giornaliero di ispezione e lubrificazione);
- semplificazione dell'impianto (ridurre i costi di fermata e le ore necessarie per effettuare le riparazioni);
- individuazione delle criticità più elevate e soluzione di un problema alla volta (logica dei piccoli passi consolidati);
- miglioramento continuo, secondo il ciclo virtuoso del Plan – Do – Check - Act.

Il miglioramento focalizzato (Focused Improvement, FI) rappresenta il pilastro cardine per l'effettiva implementazione del TPM in quanto consente di semplificare il processo e l'impianto (fino a livello di parte di macchina) favorendone la comprensione dei problemi da parte delle persone.

La difficoltà maggiore che si incontra durante l'applicazione del FI consiste nel fatto che le persone coinvolte si chiedono quale possa essere le differenza tra le attività quotidiane di manutenzione autonoma e quelle del miglioramento focalizzato. Il punto chiave è il seguente: le attività di manutenzione autonoma non sempre permettono di conseguire gli obiettivi prefissati (mancanza di fondi e risorse, di tempo, di competenze da parte degli operatori) e di eliminare i problemi incontrati. È necessario allora intervenire in modo sistematico e strutturato per evitare che l'implementazione del TPM si areni drasticamente.

In sintesi quindi, la differenza principale che distingue il FI dalla AM è costituita proprio dalla formazione del team di esperti preposti allo studio ed all'eliminazione dei problemi: il team dovrebbe essere composto da tutti i rappresentanti delle funzioni coinvolte nel programma di miglioramento (ingegneri di produzione, di manutenzione, di progettazione, amministrativi).

Lo scopo fondamentale del FI è quello di proporre soluzioni valide per l'eliminazione o la riduzione delle 6 principali fonti di perdita presenti ("six big losses"); Il metodo adottato è quello di indagare direttamente gli input (4 M's: men, machines, materials, methods) della

produzione per individuare le possibili cause di problemi e/o difetti. Così facendo, il FI permette di realizzare i cosiddetti 6 major results:

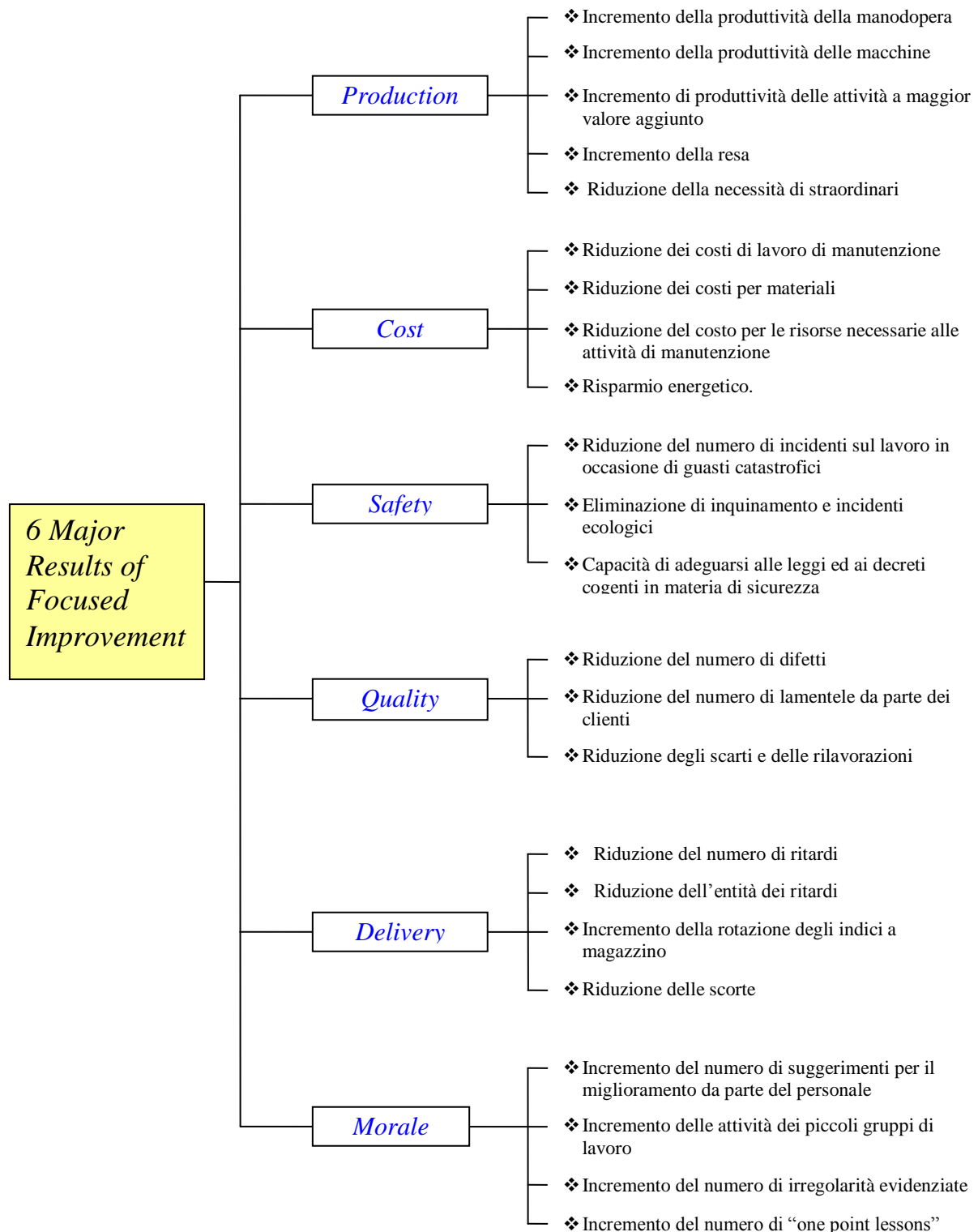



Figura 3.8 - I "6 Major Results" del Miglioramento Focalizzato.

Uno dei problemi che potrebbero insorgere durante la fase di implementazione del FI è quello di un eccessivo impegno nelle sole attività di miglioramento focalizzato, a scapito delle

attività di manutenzione ordinaria e del supporto necessario ai piccoli gruppi di lavoro presenti in azienda.

Il team preposto alla realizzazione del Miglioramento Focalizzato ha come obiettivi principali:

- l'annullamento di tutti i difetti, senza tralasciare i difetti di minore rilevanza;
- l'identificazione e la standardizzazione delle condizioni operative ottimali;
- quello di correggere in modo esaustivo tutti le deficienze individuate, indipendentemente dalla loro apparente importanza.

La procedura ottimale di implementazione del FI può essere riassunta nei punti fondamentali:

1. Scelta dell'obiettivo e formazione di un team apposito
2. Comprensione della situazione iniziale
3. Identificazione ed eliminazione delle anomalie
4. Analisi delle cause
5. Pianificazione del miglioramento
6. Implementazione del Miglioramento Focalizzato
7. Controllo dei risultati
8. Consolidamento dei risultati

Prima di procedere all'attuazione del Miglioramento Focalizzato, il team preposto dovrebbe assicurarsi di avere completato alcune attività basilari:

1. Comprensione completa della filosofia alla base del FI.
2. Comprensione delle tipologie di perdite che possono essere incontrate e delle logiche di funzionamento del processo e delle macchine.
3. Raccolta ed analisi dei dati relativi a guasti, perdite, difetti.
4. Definizione scrupolosa dello stato ottimale di funzionamento di un equipaggiamento e dei passi necessari per ristabilire le condizioni standard.
5. Comprensione delle tecniche e delle metodologie necessarie per ridurre guasti e difetti.
6. Acquisizione della capacità di comprendere "visivamente" il funzionamento del processo e delle macchine.

La tabella che segue descrive le fasi di implementazione del miglioramento focalizzato.

Gli 8 step del miglioramento focalizzato	
Step 1 Scelta dell'obiettivo e formazione del team di lavoro	In genere i maggiori vantaggi si ottengono se, in base all'analisi delle perdite preventivamente effettuata, gli oggetti dell'indagine e dell'attività di miglioramento sono i processi o le macchine più critiche. È fondamentale stimare il livello di difficoltà dell'obiettivo da perseguire per poter stabilire quali siano le necessità in termini di competenze e di professionalità. In tal modo sarà possibile formare team particolarmente efficienti.
Step 2 Comprensione della situazione iniziale	Utilizzare strumenti come la PCA (Process Capacity Analysis) per individuare colli di bottiglia e debolezze del processo o degli strumenti di lavoro.
Step 3 Identificazione ed eliminazione delle anomalie	Prima di applicare tecniche o metodologie complesse è necessario identificare ed eliminare tutti i difetti di minore entità. Questo perché i difetti minori rappresentano: • la fetta più ampia di problemi riscontrabili; • possono minare la corretta realizzazione degli step successivi.
Step 4 Analisi delle cause	Analizzare tutte le cause possibili dei vari problemi (eventualmente controllando le catene causali derivanti da una preventiva scomposizione del fenomeno in parti elementari).
Step 5 Pianificazione del miglioramento	Generare più studi di fattibilità per più alternative e verificare a priori tutti i possibili problemi che potrebbero derivare dall'attuazione della soluzione proposta. Dopodiché valutare la necessità di reingegnerizzare il processo o di cambiare macchine e/o materiali.
Step 6 Implementazione del Miglioramento Focalizzato	Attuare il piano di miglioramento in modo scrupoloso, individuandone, se ce ne fossero, possibili ulteriori modifiche al processo ed operare in modo da coinvolgere il personale di produzione.
Step 7 Controllo dei risultati	Monitorare costantemente i risultati raggiunti sulla base degli obiettivi che ci si era prefissati inizialmente.
Step 8 Consolidamento dei risultati	Fare un'analisi critica dei risulati raggiunti e di quelli ancora da raggiungere per capire come deve essere regolato il processo e consolidare gli obiettivi a cui si è pervenuti con l'implementazione dei precedenti step.

Tabella 3.12– Gli 8 step del miglioramento focalizzato.

Tecniche analitiche utilizzate nel Miglioramento Focalizzato

Nel tentativo di rimuovere tutti i difetti, durante l'attuazione del miglioramento focalizzato si dovrebbe fare ricorso a tutte le tecniche conosciute in materia di manutenzione, scegliendo la più opportuna in funzione del caso specifico da affrontare.

Alcune di queste tecniche sono:

- PM Analysis: Si tratta di una tecnica deduttiva per analizzare fenomeni come guasti o difetti di un processo in termini dei principi fisici che li sottendono, evidenziando i meccanismi e le loro relazioni con i quattro parametri di input (4M's). E' particolarmente adatta per affrontare le perdite croniche, e particolarmente efficace se utilizzata per affrontare problemi che nascono da una grande varietà di cause complesse e strettamente interrelate, che non sono risolvibili con altri metodi o che richiederebbero troppo tempo se affrontate in modo tradizionale. Tale tecnica viene implementata dopo che si sono affrontati i problemi con altre tecniche e si sono ridotte le occorrenze dei difetti al 5-10%.
- Know-why (o why-why) analysis: metodo utilizzato a seguito di un'analisi causa-effetto per ricercare ed individuare i"perché" degli eventi, in maniera tale da individuare le possibili alternative risolutorie ai problemi emersi risalendo a ritroso lungo la catena causale.
- Fault Tree Analysis (FTA) o Analisi dell'Albero dei Guasti: metodo di analisi di tipo deduttivo che partendo da un analisi "generale" e complessiva del tipo di guasto (o evento indesiderato sul sistema), arriva ad individuare i guasti sui componenti. La FTA permette, in modo grafico e logico, di collegare fra loro i guasti dei componenti di un sistema. Lo scopo principale, non è però quello di individuare le cause dei guasti (scopo tipico invece della FMECA) bensì, partendo da un guasto sul sistema (Evento indesiderato), di metterlo in relazione funzionale con i guasti sui componenti (Eventi base). L'Evento indesiderato rappresenta il guasto relativo al sistema funzionale sotto esame, e può essere combinazione di numerose cause: esso avrà, cioè, un numero n di eventi che lo precedono e lo determinano ma nessun evento che lo succede. Il presentarsi simultaneo di guasti degli elementi funzionali che portano all'evento indesiderato definiscono la combinazione di cause. L'FTA è un metodo dalle applicazioni più varie: può essere usato sia preventivamente (approccio consigliato), oltre che per identificare le cause di non conformità già rilevate.
- Failure Mode Effects and Criticality Analysis (FMECA): L'acronimo FMECA identifica l'Analisi delle modalità, degli effetti e delle criticità dei guasti, ovvero una metodologia introdotta dalle normative militari USA-MIL, come strumento che consente di ricavare con efficacia i componenti critici dei sistemi. La FMECA è una metodologia operativa svolta in gruppi di lavoro e viene impiegata con successo nella progettazione di nuovi impianti e macchine, in quanto fornisce come prodotto il manuale di uso e manutenzione e la relativa lista dei ricambi strategici. Una volta infatti individuati i "componenti critici" e analizzate le loro "modalità di guasto", le politiche di manutenzione possono essere oggettivamente determinate. Il Gruppo di lavoro che realizza la FMECA deve essere

composto da personale con diversi livelli di professionalità e con specializzazioni differenti a seconda della tipologia dell'impianto in oggetto, scelti fra coloro che presentano una conoscenza dell'impianto più approfondita. Obiettivo principale della FMECA è quello di fornire uno strumento analitico (oggettivo) per indirizzare in modo ottimale le risorse manutentive disponibili previste dal Piano di Manutenzione Produttiva tra manutenzione correttiva a guasto, preventiva programmata, preventiva su condizione e migliorativa.

- Industrial Engineering (IE);
- I 7 strumenti di Ishikawa (Quality Control Tools, QCT).

Nell'uso di questi strumenti è necessario tenere sempre presente la locazione del problema, l'oggetto dell'analisi e il fenomeno associato.

3.5.1.5 **V Pilastro –** ***Manutenzione Progressiva***

Si parla di manutenzione progressiva quando si riesce a realizzare un'integrazione delle politiche di gestione per ottimizzare l'efficienza e l'efficacia delle attività manutentive.
Lo scopo è quello di definire un mix ottimale di manutenzione correttiva, programmata e predittiva, in maniera tale da ridurre il numero di guasti, i costi di gestione della manutenzione, l'MTBF e l'MTTR.
La realizzazione di questa forma evoluta di manutenzione richiede il miglioramento delle macchine, con l'applicazione della manutenzione autonoma e delle procedure di miglioramento focalizzato e con la gestione opportuna della manutenzione programmata e di quella su condizione; richiede un miglioramento delle tecnologie e delle competenze, prevedendo, ad esempio, sistemi di diagnostica e sistemi informativi di manutenzione, nuovi sistemi di ispezione e corsi di formazione del personale.
La manutenzione programmata ha poi il compito di stabilire e mantenere in condizioni ottimali attrezzature e processo. All'interno di un programma di sviluppo TPM, la manutenzione programmata rappresenta la metodica attività di costruzione e miglioramento continuo di un efficace ed efficiente sistema di gestione della manutenzione.
Uno dei fattori di successo della manutenzione programmata è il coordinamento con le attività della manutenzione autonoma svolte dai reparti produttivi. È importante che siano stabiliti standard che chiariscano i flussi, i compiti ed i tempi di realizzazione.
Affinché la manutenzione programmata sia applicata con successo è indispensabile prima di tutto riportare le macchine alle condizioni di base. È evidente che, se le condizioni di base non sono rispettate, si assiste al fenomeno dell'usura forzata e non è possibile definire intervalli

corretti di sostituzione, per cui l'intero sistema di manutenzione programmata risulterebbe inutile.

I passi e le attività previste per la corretta implementazione della manutenzione progressiva sono riassunti nella tabella di seguito riportata.

FASI	ATTIVITA'
Step 1 Valutare le macchine e capire la situazione attuale	– Preparare le schede macchina. – Valutare le macchine: stabilire i criteri di valutazione, dare una priorità alle macchine. – Definire un rank per guasti. – Capire la situazione: severità dei guasti, frequenze, costi, ecc. – Creare un insieme di indicatori e metodi di misura dei risultati.
Step 2 Opporsi al deterioramento e correggere le debolezze.	– Stabilire le condizioni base, opporsi al deterioramento ed abolire le cause di deterioramento forzato (supportare la manutenzione autonoma). – Condurre attività di miglioramento focalizzato per correggere i punti deboli ed aumentare il ciclo di vita. – Prevenire il ricorrere dei guasti maggiori.
Step 3 Costruire un sistema di gestione delle informazioni computerizzato.	– Costruire un sistema di gestione dei dati di guasto. – Costruire un sistema di gestione della manutenzione. – Costruire un sistema di gestione del budget di manutenzione. – Costruire un sistema di controllo delle pari di ricambio,disegni e dati tecnici.
Step 4 Costruire un sistema di manutenzione periodica.	– Preparare una manutenzione periodica. – Preparare un diagramma di flusso per il sistema di manutenzione periodica. – Migliorare gli standard
Step 5 Costruire un sistema di manutenzione predittiva.	– Introdurre dispositivi diagnostici. – Preparare un diagramma di flusso per il sistema di manutenzione predittiva. – Selezionare le macchine e componenti per la manutenzione predittiva ed estenderla gradualmente. – Sviluppare macchine e tecnologie di diagnosi
Step 6 Valutare il sistema di manutenzione progressiva.	– Valutare i miglioramenti di affidabilità: numero guasti e stop minori, MTBF.. – Valutare i miglioramenti di manutenibilità: numero di manutenzioni periodiche e predittive, MTTR. – Valutare i risparmi economici.

Tabella 3.13– I 6 step della manutenzione progressiva.

3.5.1.6 **VI Pilastro – *Addestramento***

Una corretta ed efficace implementazione del TPM necessita di personale istruito, motivato e partecipe agli avvenimenti aziendali, in grado di attuare in modo efficiente ed efficace le azioni previste dal piano di introduzione e sviluppo del TPM. In tal senso assume un ruolo fondamentale l'addestramento del personale, che deve essere svolto in modo rigoroso e sistematico.

Prima di ogni altra cosa occorre definire il livello di istruzione del personale. Per riuscire in ciò si è soliti utilizzare lo schema "4 skill levels":

- Mancanza di competenze teoriche e pratiche;
- Mancanza di competenze pratiche;
- Mancanza di competenze teoriche;
- Possesso di entrambe le competenze

Dopodiché è opportuno indirizzare il processo formativo verso la creazione di figure professionali "multiskilled" ed estremamente competenti, che abbiano le capacità di:

- diagnosi,
- problem finding,
- problem solving,
- intervento,
- migliorare il servizio,
- lavorare in gruppo.

L'addestramento dovrebbe essere un mezzo per creare stimoli e motivazione e per fidelizzare il personale, rendendolo partecipe della missione dell'azienda.

Infine, bisogna favorire la creazione di un ambiente di lavoro in cui sia diffuso il concetto di "auto-addestramento": il personale dovrebbe trovare gli stimoli per accrescere il proprio bagaglio culturale e per apprendere nuove e più elevate competenze. Solo personale istruito e motivato può infatti mettere in atto in modo efficiente ed efficace le azioni previste dal TPM.

3.5.1.7 **VII Pilastro – *Qualità***

Una corretta gestione della manutenzione si riflette inevitabilmente in un incremento della qualità del prodotto. La produzione infatti dipende dalla disponibilità e dalle condizioni operative delle macchine, per cui il controllo e l'accurata manutenzione di queste ultime possono incrementare il livello di qualità dei prodotti che vi vengono lavorati.

Gestire la manutenzione in un'ottica di qualità, significa operare in modo da prevenire problemi e difetti attraverso la corretta gestione dei processi e delle attrezzature. Dato che essa dipende generalmente da quattro fattori - uomini, materiali, macchine e metodi – affinché si ottengano i risultati desiderati dall'implementazione di questo pilastro, è necessario aver già correttamente sviluppato i pilastri della manutenzione autonoma, dell'addestramento, della manutenzione progressiva e del miglioramento focalizzato.

3.5.1.8 **VIII Pilastro – *Amministrazione***

Il compito fondamentale del sistema amministrativo è quello di creare dei team di sviluppo del TPM e interfacciare i vari gruppi.
Implementando al contempo il pilastro del miglioramento focalizzato è possibile incrementare l'efficienza delle attività di riorganizzazione e ridurre le problematiche tipiche (ad esempio, a differenza della produzione, per l'amministrazione è difficile quantificare gli effetti delle attività di miglioramento ed i risultati ottenuti).
Le attività fondamentali che il sistema amministrativo è chiamato ad assolvere sono:

- motivare e sostenere i team di implementazione del TPM;
- supportare il management e diffondere la strategia aziendale;
- raccogliere dati;
- processare i dati;
- distribuire informazioni.

3.5.2 **L'analisi delle perdite: l'*OEE e le Six Big Losses***

Adottare un approccio alla gestione della manutenzione orientato ai principi del Total Productive Maintenance significa imporsi come obiettivi principali:

- la riduzione delle perdite e la massimizzazione dell'efficienza degli impianti e delle attrezzature (Overall Equipment Efficiency);
- la diffusione di una metodologia di manutenzione estesa a tutta l'organizzazione basata sulla manutenzione preventiva-predittiva (manutenzione costruita su dati statistici);
- l'integrazione fra produzione e manutenzione, con lo scopo di condividere gli obiettivi di produttività e qualità;
- la promozione e la diffusione di gruppi autonomi di manutenzione al fine di migliorare le attività di manutenzione.

In quest'ottica s'inserisce la definizione ufficiale data dallo Japanese Institute of Plant Maintenance, secondo cui il TPM è un'insieme di procedure, tecniche e pratiche organizzative atte a:

- Massimizzare la performance totale delle macchine;
- Stabilire un sistema di manutenzione che copra l'intero ciclo di vita delle macchine;
- Coinvolgere al 100% il personale aziendale nelle varie attività;
- Promuovere la formazione di piccoli gruppi autonomi e fortemente motivati per lo svolgimento di attività manutentive;
- Costruire una "corporation" che massimizzi l'efficienza dei sistemi produttivi.

Il TPM abbraccia la filosofia "Zero Difetti – Zero Perdite – Zero Guasti": in conformità a tale filosofia gli obiettivi del TPM vertono sull'eliminazione totale dei guasti e delle cause che li originano, dal momento che il verificarsi di una rottura o di un difetto provoca una diminuzione dello standard di funzionamento di una macchina o di un componente, con conseguente riduzione delle performance e dell'efficienza produttiva.

I guasti improvvisi che comportano la fermata dell'impianto, rappresentano "guasti con perdita totale delle funzionalità" (functionloss failures), mentre quelli che ne causano il deterioramento, ma non il blocco sono detti "guasti con riduzione delle potenzialità" (function-reduction failures).

Spesso si ha la tendenza a preoccuparsi dei guasti evidenti, ma il vero problema è costituito dai piccoli difetti, quali sporco, allentamento dei bulloni, mancanza di lubrificazione, abrasioni, che possono sembrare inizialmente insignificanti ma che causano il lento e continuo deterioramento delle macchine. Perciò è importante evidenziare i vizi nascosti e, una volta individuati, intervenire in modo da ripristinare le condizioni ottimali.

Per raggiungere l'obiettivo "Zero Guasti", il modello giapponese prevede alcune contromisure basilari che devono essere recepite e fatte proprie dal sistema aziendale nel suo complesso:

- tenere sotto controllo le condizioni di base per il funzionamento dell'impianto (ad esempio lubrificazione, pulizia, corretto serraggio di bulloni e viti);
- rispettare le procedure operative di funzionamento dell'impianto;
- intervenire sulle parti deteriorate in modo da ripristinare la completa funzionalità;
- ridurre i punti deboli derivanti da una cattiva progettazione;
- migliorare la capacità del personale addetto alla produzione e alla manutenzione.

Per raggiungere invece l'obiettivo "zero perdite" è necessario evidenziare tutti i difetti e le loro cause, ossia effettuare la cosiddetta "analisi delle perdite". E' possibile individuare 6 contromisure di base per cercare di raggiungere tale obiettivo:

1. Eliminazione del deterioramento forzato mediante il ristabilimento delle condizioni operative di base.
2. Eliminazione del deterioramento forzato utilizzando procedure operative conformi alle specifiche di progetto degli equipaggiamenti.
3. Attuazione della manutenzione correttiva per riportare le macchine alle loro condizioni originali.
4. Riprogettazione dei processi.
5. Allungamento della vita utile delle macchine eliminando le debolezze del progetto iniziale (manutenzione proattiva).
6. Eliminazione dei guasti improvvisi migliorando le competenze del personale e la pianificazione della manutenzione.

Per attuare in maniera corretta questa nuova metodologia di gestione della manutenzione e fare in modo che le risorse siano sfruttate in maniera ottima, attraverso un miglioramento continuo, è necessario individuare opportuni indici di prestazione che possano rendere chiara la situazione di partenza e i miglioramenti dovuti alle varie azioni che l'azienda ha intrapreso.
L'indice più significativo per quantificare lo stato attuale della gestione della manutenzione e dell'efficacia delle soluzioni proposte è costituito dall'Overall Equipment Effectiveness (OEE). Questo indice, come si nota dalla sua definizione, che può essere tradotta in italiano in "Efficacia Totale dell'Impianto", a differenza di molti altri non prende in considerazione la sola efficienza degli impianti produttivi, intesa come rapporto tra ciò che viene prodotto e ciò che sarebbe possibile realizzare, ma ne va a misurare l'efficacia, ampliando l'analisi e tenendo conto anche della qualità del prodotto e della disponibilità della macchina stessa.
La performance globale di un componente, di un equipaggiamento o di un intero impianto è governata dalla contemporanea presenza di tre fattori:

- la Disponibilità (A)
- la Performance (P)
- la Qualità (Q)

L'OEE è calcolato come prodotto dei tre fattori: $D \times P \times Q$

Si può subito notare come per avere un elevato valore di OEE sia necessario che tutti e tre gli indici siano alti, a significare che solo un impianto in cui tutte le risorse siano sfruttate in maniera ottimale può raggiungere elevate prestazioni in termini di Overall Equipment Effectiveness.
Particolarmente significativo è far notare come un incremento dell' 1% dell'OEE produca una riduzione del 10% dei costi diretti di manutenzione.
Da osservare inoltre che l'OEE è un indice di efficacia dell'impianto, quindi va a considerare esclusivamente le perdite interne ad esso. In particolare nel calcolo dell'OEE si tiene conto di quelle che si definiscono le "Six Big Losses":

Guasti

Una delle cause principali di perdita di disponibilità è data dai guasti che si presentano sugli impianti. Le macchine sono costituite da parti in movimento e svariati subsistemi nei quali ogni componente meccanico può deteriorarsi o rompersi e, soltanto quando è stato riparato il guasto o sostituita la parte, si può riprendere la produzione.
Molto spesso le cause di guasto generano segnali d'allarme prima che la macchina si rompa, per cui attraverso una corretta applicazione della manutenzione autonoma, e possibilmente della manutenzione predittiva, sarebbe possibile individuare le anomalie prima che queste degenerino nella rottura o nella fermata dell'impianto. Tali segnali d'allarme possono essere suddivisi sulla base della frequenza di accadimento in due tipologie:

- sporadici, a loro volta classificabili in improvvisi, catastrofici o generalmente semplici da correggere;
- frequenti.

Set-up e Aggiustamenti

Lo scenario produttivo attuale prevede un'elevata differenziazione e la produzione di lotti di piccole dimensioni che determinano più volte al mese o anche più volte al giorno cambi di tipologia di prodotti. Cambiando la tipologia di prodotti bisogna sostituire anche gli utensili, gli stampi, le attrezzature e tutti quegli strumenti necessari alla produzione. Il tempo perso per il cambio degli utensili e dei materiali costituisce la perdita per attrezzaggio. Molto spesso questo tempo può aumentare a causa della pulizia della macchina, di piccoli aggiustamenti compiuti per garantire una qualità stabile al prodotto o dalla ricerca d'utensili, parti o persone che possono essere utili per far ripartire la produzione. Le perdite di disponibilità sono quindi derivanti da set-up ed aggiustamenti lunghi e difficoltosi, e nelle aziende con produzioni altamente differenziate possono generare inefficienze molto elevate.

Riduzioni di Velocità

Le macchine spesso funzionano ad una velocità più bassa di quella per cui sono state progettate. Questo avviene per cercare di mantenere stabile lo standard qualitativo dei prodotti che escono dalla macchina; ma in altri casi è proprio la persona a non porsi il problema di verificare quale sia il limite ottimale di sfruttamento delle macchine e i cicli di lavorazione sono definiti dagli operatori sulla base di "velocità di comodo" e non dall'ufficio tecnico sulla base delle potenzialità tecniche della macchina stessa. Spesso la velocità per cui una macchina è stata concepita non è nota agli operatori e le lavorazioni sono eseguite sempre alla stessa velocità indipendentemente dalle loro caratteristiche.

Idle Time – Fermate Minori

Malfunzionamenti temporanei e di lieve entità non sono considerati come guasti, anche se si ripetono con frequenze molto elevate e costringono gli operatori ad interrompere spesso le attività produttive. Spesso se ne rileva una forte presenza nelle linee automatiche, dove può accadere che i componenti di un prodotto ostacolino il nastro trasportatore oppure che i sensori rilevino la presenza di corpi estranei e fermino la macchina (spesso si tratta di segnali errati, dovuti a sporco, polvere, ecc.). Tali eventi sono trattati come piccoli fastidi, ma in realtà rappresentano una delle perdite maggiormente critica per tutti gli impianti. Tra questo tipo di fermate vanno considerate anche le fermate compiute dall'operatore per le pause non definite da contratto.

Difetti di Qualità

I prodotti che non presentano le caratteristiche chieste dal cliente rappresentano evidentemente delle perdite. Un prodotto che invece è scartato subito dopo che è stato realizzato rappresenta una perdita di tempo, energia e materiale, in quanto generalmente prima di gettarlo, viene destinato ad una rilavorazione. Spesso i difetti di qualità derivano da una cattiva programmazione dei cicli di lavoro e non da reali problemi riscontrati sulle macchine; è pertanto doveroso prestare molta attenzione durante la fase di progettazione dei cicli da parte del personale tecnico ed una rigorosa esecuzione di questi da parte degli operatori di produzione.

Perdite d'avviamento o Start-up loss

Molte macchine impiegano un certo tempo prima di raggiungere le giuste condizioni operative. Variazioni ambientali, come temperatura ed umidità, possono rendere problematico l'avviamento e determinare prestazioni non idonee e disomogenee; variazioni nelle

caratteristiche fisiche e chimiche delle parti di ricambio, dei liquidi refrigeranti o lubrificanti possono determinare differenze significative nella qualità del prodotto e nella velocità di lavorazione. Se durante questo periodo la macchina produce pezzi di qualità è opportuno considerare l'avviamento come riduttivo della disponibilità, in caso contrario come riduttivo della qualità. Anche se molte aziende non distinguono tra pezzi difettosi o che necessitano rilavorazioni, realizzati con le giuste condizioni operative, da quelli non conformi realizzati in avviamento, una tale distinzione risulta opportuna per valutare eventuali problemi riscontrati in tale fase.

Generalmente, i valori di OEE misurati dalle aziende prima dell'adozione del Total Productive Maintenance sono molto bassi, oscillando dal 50% al 60%; ciò significa che le aziende operano sfruttando metà della loro capacità produttiva. L'obiettivo da perseguire relativamente all'OEE è quello di massimizzare l'efficienza mediante la definizione delle relazioni ottimali tra le persone e gli strumenti di lavoro, ed attraverso l'eliminazione delle sei fondamentali fonti di perdita (Six Big Losses), le quali incidono sui tre fattori che determinano il valore dell'OEE

3.6 **Fasi per una corretta implementazione del TPM**

Affinché l'implementazione del Total Productive Maintenace produca i risultati desiderati, occorre sviluppare un programma che generalmente si articola in 4 fasi:

1. Studio di Fattibilità,
2. Pianificazione,
3. Implementazione,
4. Consolidamento.

Da sottolineare il fatto che tale metodologia, così come in generale tutte le filosofie importate dall'oriente, prevede un approccio per piccoli passi, per cui l'iter indicato si applica a partire da una macchina (nel caso dell'industria di processo) o da una linea (nel caso dell'industria meccanica) particolarmente critica, estendendo in seguito i risultati raggiunti a tutto il sistema produttivo aziendale.

La Tabella 3.14 riporta gli step che necessariamente occorre seguire per una corretta applicazione di ciascuna delle 4 fasi, le quali, se regolarmente implementate, permettono di introdurre e sviluppare correttamente il TPM in qualsiasi azienda.

Come è possibile osservare il Programma per l'implementazione del TPM deve essere dettaglio, poiché le azioni da intraprendere occorre siano pianificate in modo molto preciso, sia in termini temporali, che di risorse (umane, tecniche ed economiche) necessarie. Una delle

caratteristiche di spicco del TPM è, infatti, l'estrema sistematicità e metodicità del modo di procedere: un simile approccio, se la formulazione del programma è realizzata con cura, ha il vantaggio di evitare modifiche e correzioni che rallentano il percorso di realizzazione.

FASE	STEP
STUDIO DI FATTIBILITA'	Raccogliere i dati per prendere le decisioni
	Analizzare impianti e macchine (Analisi delle Perdite)
	Analizzare le caratteristiche del personale disponibile
	Analizzare il rapporto costo/benefici (ROI)
	Progettare alternative di sviluppo
PIANIFICAZIONE	Annuncio formale del progetto TPM (predisporre lavagne riportanti il programma di introduzione del TPM e gli obiettivi, nonché i risultati a cui passo dopo passo si perviene)
	Creare l'organizzazione per il TPM (TPM Coordinator, team di supporto)
	Addestrare e istruire il personale (definizione di piani di formazione e addestramento focalizzati – One Point Lesson)
	Definire e sviluppare la Vision, le Politiche e gli Obiettivi del TPM
	Sviluppare i Piani Operativi per l'implementazione del TPM (Master Plan)
	Assegnare le responsabilità delegando e rendendo autonomo il personale (Chi, Cosa, Come,Quando, Perchè)
IMPLEMENTAZIONE	Implementare il Programma Pilota (avviare la Manutenzione Autonoma, il Miglioramento Focalizzato e la Manutenzione Progressiva)
	Proseguire mediante interventi focalizzati (piccoli passi consolidati tesi all'eliminazione del 75% delle fermate ed al raggiungimento del 30% degli obiettivi del programma pilota)
	Rinnovare gli studi di fattibilità e gli obiettivi
	Gestire accuratamente i processi
	Implementare tutti i pilastri del TPM (eliminazione del 90-95% delle fermate e raggiungimento del 60-70% dei risultati)
CONSOLIDAMENTO	Quantificare i risultati
	Standardizzare metodi e procedure ed estendere le metodologie a tutte le macchine
	Arricchire il bagaglio di competenze e conoscenze del personale
	Proporre e ricercare obiettivi sempre più importanti
	Cercare di ottenere una certificazione relativa al sistema TPM implementato

Tabella 3.14– Programma per l'implementazione del TPM.

3.7 **Obiettivo della tesi**

Il presente elaborato ha lo scopo di ricostruire l'esperienza vissuta durante il periodo di stage all'interno dello stabilimento TRW Italia di Livorno e di presentare le attività svolte nell'ambito del Total Productive Maintenance.

A testimonianza di quanto il TPM sia una filosofia fortemente sentita all'interno della TRW Automotive Corporation e di quanto la Direzione aziendale creda nella sua realizzazione, all'interno dello stabilimento (*Figura 3*.9) è possibile osservare il tempio del TPM in polistirolo.

Figura 3.9 – Il tempio in polistirolo presente all'interno dello stabilimento TRW di Livorno

Nella TRW Automotive Corporation, il TPM si colloca all'interno del più ampio progetto di Business Excellence.

Il Business Excellence è un termine utilizzato sia dalla Baldrige Organization (Premio per la Qualità Malcolm Baldrige National Quality Award - MBNQA) sia dall'European Foundation for Quality Management (EFQM). Il principio di base è l'esistenza di un modello di eccellenza che permette il perseguimento del miglioramento continuo (Kaizen) dell'organizzazione, dei suoi processi, dei suoi prodotti e dei suoi servizi, che si traduce nell'impegno costante per l'eliminazione dei problemi nelle aree operative e funzionali dello stabilimento, con particolare attenzione alla riduzione degli sprechi e della variabilità, rappresentanti la "zavorra" dell'intero sistema in ottica Lean Production.

Il Business Excellence coinvolge le seguenti aree:

- Operation Excellence

– Business Management
– Current Product Excellence
– Customer Management
– Financial Excellence
– HR & Development
– Information System
– Quality Excellence
– Supply Chain

Il TPM fa parte dell'Operation Excellence.
Per disegnare i processi necessari per raggiungere la Vision di Business Excellence Organization, viene utilizzata la Roadmap, che funge da strumento di Policy Deployment. La Roadmap è uno strumento che permette di pianificare gli steps necessari per il miglioramento dei processi e quindi, il raggiungimento della BE nell'ottica della World Class Vision.
La Roadmap incorpora una serie di principi fondamentali per orientare la gestione:

- VISION → Dove vogliamo andare
- ASSESMENT → Dove siamo oggi
- ACTION → Di cosa abbiamo bisogno
- TOOLS → Come dobbiamo agire

Essa comprende inoltre quattro fasi (*Figura 3*.10):

- Fundamentals, pianificazione dei processi di Operation Excellence.
- Product Cell Implementation, implementazione delle celle di produzione in un ottica di Lean Production.
- Improvement, miglioramento continuo dei processi aziendali, che comprende il TPM.
- Excellence, ricerca e adozione delle Best Practice attraverso lo strumento di Benchmarking nell'ottica di "World Class Excellence".

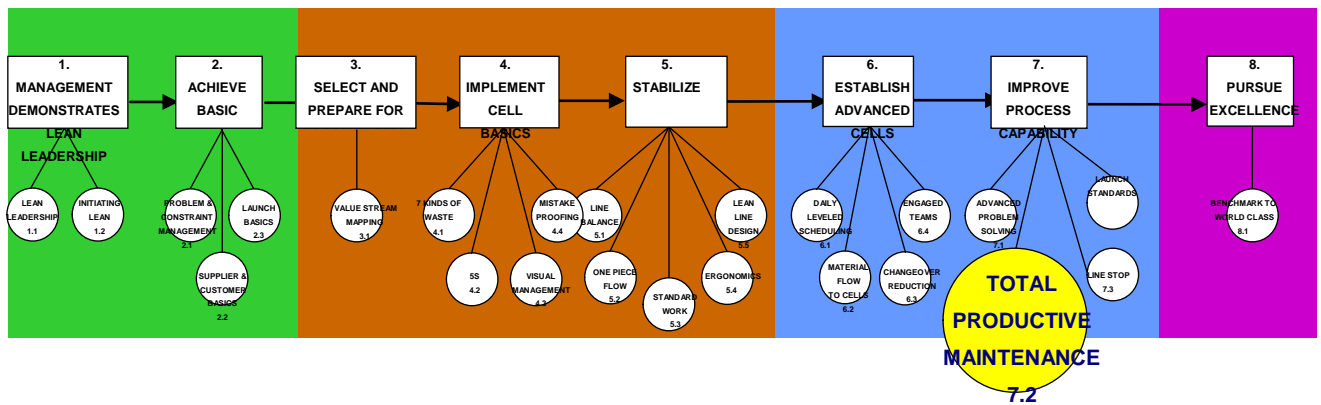



Figura 3.10 – La Roadmap di Operation Excellence

Spostandoci da sinistra verso destra lungo la Roadmap, vengono illustrate le attività da svolgere in modo da avere una visione globale di ciò che deve essere fatto e quando, incrementando il processo in maniera sistematica.

L’elaborato si focalizzerà sull’elemento innovativo del TPM qual è la manutenzione autonoma prendendo come linea pilota il reparto delle guide meccaniche e individuando una procedura standard che possa essere successivamente estesa dapprima al reparto di assemblaggio di Guide Idrauliche, (allegato A) e poi ai restanti reparti presenti nello stabilimento TRW.

Capitolo 4: Implementazione della manutenzione autonoma

4.1 **Introduzione**

L’obiettivo principale che l'azienda TRW si prefigge attraverso la realizzazione del progetto TPM è di introdurre i principi della Manutenzione Autonoma tramite l’individuazione di una procedura standard d’implementazione che possa essere adottata dapprima nel reparto di assemblaggio delle guide meccaniche, che funge quindi da reparto pilota, per poi estendersi presso gli altri reparti dello stabilimento TRW.

Essendo il TPM uno strumento della Lean Production, l’introduzione di tale metodologia all’interno dell’azienda, oltre a produrre benefici tangibili in termini di riduzione delle fermate per guasti, delle anomalie, e delle fermate minori, permette il consolidamento della filosofia della Produzione Snella all’interno dello stabilimento, fornendo un efficace mezzo per realizzare l’integrazione tra produzione e manutenzione.

Il progetto TPM può essere sviluppato seguendo il circolo PDCA:

Plan – Pianificare

- definire il problema/ impostare il progetto;
- documentare la situazione di partenza;
- analizzare il problema;
- pianificare le azioni da realizzare;
- definire gli obiettivi da raggiungere.

Do – Implementare

- addestrare le persone incaricate della realizzazione;
- realizzare le azioni che sono state pianificate.

Check – Verificare

- verificare i risultati e confrontarli con gli obiettivi;
- se si è raggiunto l'obiettivo: passare al numero 1 della fase Act;
- se non si è raggiunto l'obiettivo: passare al numero 2 della fase Act.

Act – Mantenere o migliorare

1. Obiettivo raggiunto:
   - standardizzare, consolidare e addestrare gli operatori;
   - procedere ad un nuovo PDCA per un ulteriore miglioramento sul tema.
2. Ripetere il ciclo PDCA sullo stesso problema, analizzando criticamente le varie fasi del ciclo precedente per individuare le cause del non raggiungimento dell'obiettivo.

Nei cinque mesi di stage presso lo stabilimento TRW sono state portate avanti le prime due fasi. Questo perché gli effetti dell'implementazione della Manutenzione Autonoma sono visibili dopo diversi mesi; per tale motivo, come si vedrà nel capitolo 5, si è deciso di quantificare i risultati tramite previsioni di miglioramento.

4.2 **Pianificazione delle attività**

La realizzazione del progetto TPM comporta l'impiego di risorse umane messe a disposizione e materiali necessarie per lo svolgimento dei lavori, la determinazione delle linee interessate al progetto, dei termini temporali, delle persone chiamate a partecipare, degli obiettivi e del programma dettagliato dei lavori.

L'apertura del progetto TPM all'interno dello stabilimento TRW è avvenuta tramite la convocazione di un Kick off Meeting da parte del Responsabile degli assemblaggi, durante il

quale sono state fornite ai partecipanti indicazioni il più precise possibili sulle attività da fare e sui tempi a disposizione e sviluppato il programma TPM. A tale riunione sono intervenuti:

- il TPM Coordinator, che in questo caso si identifica con il responsabile del reparto di assemblaggi Guide Meccaniche,
- il Responsabile degli Assemblaggi,
- il Capo Area.

Durante la fase di pianificazione sono state illustrate le motivazioni che hanno portato alla decisione di sviluppare il progetto TPM, nonché il Business Excellence all'interno del quale esso si inserisce, i principi della Manutenzione Produttiva Totale. Sempre in questa fase sono stati stabiliti quali sarebbero stati gli strumenti e le metodologie da utilizzare durante l'esecuzione dei lavori e la successiva fase di mantenimento delle condizioni operative delle macchine.

Infine sono stati evidenziati quelli che sono gli obiettivi primari che ci si prefigge di raggiungere con lo svolgimento del progetto:

- Eliminazione di almeno l'80% delle anomalie riscontrate durante le attività, raggiungendo un valore di OEE superiore al 85%.
- Introduzione dei principi, delle metodologie e degli strumenti della Manutenzione Autonoma con lo scopo di individuare una procedura standard da applicarsi a tutti i reparti dello stabilimento.

4.3 **Implementazione della manutenzione autonoma**

L'implementazione della manutenzione autonoma si è articolata nelle seguenti fasi:

1. Analisi dello stato attuale dell'*efficienza produttiva* degli impianti
2. Individuazione del personale coinvolto
3. Realizzazione degli strumenti TPM
4. Predisposizione della postazione TPM

4.3.1 **Analisi dello stato attuale dell'*efficienza produttiva***

Prima di definire le attività di auto-manutenzione necessarie per incrementare l'efficienza degli impianti, è stato indispensabile analizzare quale fosse lo stato attuale delle linee presenti in stabilimento, esaminarne le anomalie, i guasti, gli interventi occorsi sulle macchine. Tutto ciò ha contribuito alla creazione di quel know-how necessario ai fini di un'analisi causa-

effetto, ed alla formulazione di piani di manutenzione preventiva ed autonoma, basati su uno storico degli eventi passati.

L'analisi dello stato attuale dell'efficienza produttiva ha dunque un duplice scopo:

1. Mettere in evidenza la necessità del TPM come metodologia per migliorare il processo produttivo.
2. Analizzare le cause più rilevanti e frequenti di fermo, in modo da individuare le conseguenti azioni preventive di TPM.

Il periodo preso a riferimento si estende dal mese di aprile 2009 sino al mese di marzo 2010.

L'analisi dello stato attuale del livello di performance raggiunto dalle macchine consta di quattro steps:

1. Individuazione del trend OEE
2. Individuazione del trend della Disponibilità – Qualità – Performance
3. Analisi delle principali cause di perdita
4. Determinazione delle causali di guasto più frequenti e rilevanti per ogni linea/banco.

Con tale studio ci si è prima soffermati sull'andamento dell'indicatore di performance più generale, l'OEE, e poi, attraverso un processo di esplosione, sono stati analizzati in maggior dettaglio i fattori che costituiscono tale grandezza, fino a definire quali sono le cause dei guasti e delle messe a punto. Il procedimento dell'analisi viene rappresentato dal diagramma ad albero che segue.

Figura 4.1 – Grandezze analizzate per definire il livello di performance degli impianti

I documenti utilizzati a tale scopo sono principalmente tre:

- Registro delle richieste di intervento dalla manutenzione,
- Consuntivo di produzione,
- Indicatori di efficienza.

Registro delle richieste di intervento della manutenzione

Di fronte ad un guasto su un impianto di produzione è possibile, attraverso il sistema informativo aziendale, richiedere il supporto tecnico del personale di manutenzione. Per ciascun intervento vengono archiviati i seguenti dettagli (*Figura 4.2*):

- la data e l'ora della richiesta d'intervento,
- il reparto e la linea produttiva,
- la macchina oggetto dell'intervento,
- il gruppo (meccanico, elettrico, pneumatico o idraulico) interessato,
- il guasto riscontrato,
- l'azione correttiva intrapresa,
- il tempo d'attesa, il tempo di ripristino (TTR) e quindi il downtime totale.

A	B	C	D	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
Mese	Cw	DataRichInt	Turr	hh-ric-in	Wait	TTR	Downtim	CdC	Linea	Macch	Gruppo	Descrizione Guasto	Descrizione Intervento
Febbraio	7	16 febbraio 2010	3°	23.38	21	325	346	76	D	3221	BORDO MACCHINA ELETTRIC	ALLARME SCHEDA ASSI	eseguito pulizia spazzole ,regolato tenzione cinghia
Febbraio	7	16 febbraio 2010	2°	19.41	0	9	9	80	X-250	51075/10	BORDO MACCHINA ELETTRIC	RESETTARE PISTOLA OETIKER SCARTA DI	sostituita pinza
Febbraio	7	16 febbraio 2010	2°	18.22	0	31	31	76	FUORI	833	BORDO MACCHINA ELETTRIC	SCARTA PER DIFF.MIN.PRESS	filo dissaldato sul connettore cella
Febbraio	7	16 febbraio 2010	2°	18.12	0	13	13	80	X-250	476	BORDO MACCHINA ELETTRIC	FUSIBILE BRUCIATO BANCO FERMO LINEA	sotituito fusibile bruciato
Febbraio	7	16 febbraio 2010	2°	16.05	0	91	91	76	FUORI	833	BORDO MACCHINA ELETTRIC	DIFETTO PRESSATA 2	
Febbraio	7	16 febbraio 2010	2°	15.11	0	7	7	80	2	4759	BORDO MACCHINA ELETTRIC	NON RUOTA LA TAVOLA	fuori ciclo
Febbraio	7	16 febbraio 2010	2°	14.45	0	46	46	84	LEMAC	90011	BORDO MACCHINA MECCANI	RIPARARE BLOCCAGGIO	raddrizzato chiavistello
Febbraio	7	16 febbraio 2010	2°	14.45	0	77	77	84	LEMAC	50121	BORDO MACCHINA MECCANI	RIPARARE PERDITA GRASSO	sostituito raccordo rotto
Febbraio	7	16 febbraio 2010	2°	14.34	0	8	8	80	S2000	51034/11	BORDO MACCHINA ELETTRIC	QUANTITA GRASSO LATO BOCCOLA NON	regolata quantita' da 150ms a 250ms
Febbraio	7	16 febbraio 2010	1°	13.15	0	9	9	80	5	411	BORDO MACCHINA ELETTRIC	SOSTITUIRE CHIAVE TARATURA DADI	sost. cavo chiave dinamometrica
Febbraio	7	16 febbraio 2010	1°	8.54	35	51	86	80	7	4646	BORDO MACCHINA ELETTRIC	RIPARARE OGGETTIVAZIONE	pinza oetiker difettosa
Febbraio	7	16 febbraio 2010	1°	7.39	0	8	8	80	6	476/6	BORDO MACCHINA ELETTRIC	ANOMALIA EROGAZIONE GRASSO	filo staccato su comando carica grasso
Febbraio	7	16 febbraio 2010	1°	6.36	0	26	26	76	BR	19	BORDO MACCHINA ELETTRIC	ANOMALIA CICLO AUTOMATICO	Alle 7 mi sono recato sulla macchina. Ho incontrato l'attrezzista alle macchinette
Febbraio	7	16 febbraio 2010	3°gPri	4.44	5	21	26		FL	90137	BORDO MACCHINA ELETTRIC	NON SI FERMA NASTRO CALOTTE	sostituito micro m18 su presenza calotta su nastro
Febbraio	7	16 febbraio 2010	3°gPri	3.07	0	3	3	76	D	3221	BORDO MACCHINA ELETTRIC	ALLARME SCHEDA ASSI	bolla doppia
Febbraio	7	16 febbraio 2010	3°gPri	0.02	87	4	91	76	B	4784	BORDO MACCHINA MECCANI	USCITA CATENA NASTRO CARICO PEZZI	rimessa catena e tirata al massimo ma rimane ancora lente da fare un sabato
Febbraio	7	15 febbraio 2010	3°	22.59	0	10	10	76	BR	50113	BORDO MACCHINA ELETTRIC	BROCCIA VARINELLONE 50113	RIPRISTINATI CABLAGGI
Febbraio	7	15 febbraio 2010	2°	21.49	0	17	17	76	A	3025	BORDO MACCHINA MECCANI	PERDITA ARIA SU TUBO ARIA SPORTELLO	
Febbraio	7	15 febbraio 2010	2°	19.54	0	25	25	80	S2000	51034/11	BORDO MACCHINA ELETTRIC	PINZA OETIKER DA TARARE	sost tubo

Grafico1 / Foglio2 / 2010 / CW02 / CW03 / CW04 / CW05 / CW06 / CW07 / CW08 / CW09 / CW10 / CW11 / CW12 / CW13 / CW14 / CW15 / CW16 / Monitoraggio KPI / Andamento Rep

Figura 4.2 – Esempio di database dei guasti della manutenzione centrale.

In questo modo si crea un database dal quale si possono trarre in maniera semplice ed immediata informazioni sulle tipologie di guasto più frequenti o che richiedono un tempo di ripristino maggiore, come mostra la figura seguente.

Macchina	Downtime	Numerosità	Classe ABC della Macchina
50049	866	5	B
90136/A	753	5	B
333	733	4	B
90139	645	3	B
3224	466	3	C
51097	415	3	
820	357	3	
274	350	3	
174	305	3	
3110	215	3	
90011/A	199	3	
3107	172	2	
51075/14	162	2	
50113	140	2	
203	131	2	
50760/1	121	2	
3224/C	120	2	
4686	114	2	
51034/2	112	2	
51075/1	111	2	
51012/7A	110	2	
51131	104	2	
52000	99	1	
441	93	1	
90028	91	1	
90024	89	1	
1029	83	1	
3210	78	1	
4714	77	1	
4721/2	74	1	
50160	73	1	
10019	72	1	
3123	71	1	
4219	71	1	
1567	67	1	
4684	67	1	

Figura 4.3 – Esempio di report della manutenzione centrale sulle macchine più critiche.

Consuntivo di produzione

Nei consuntivi di produzione, detti comunemente P.O. il capoturno, oltre a dichiarare il numero totale di pezzi prodotto dal turno, è tenuto ad indicare tutte le fermate verificatesi durante le otto ore operative, precisando la linea e la postazione interessate, la modalità di gestione del fermo, l’azione correttiva adottata e la durata (*Figura 4.4*).

TURNO	LINEA	POSTAZIONE	CAUSA DEL FERMO	GESTIONE DEL FERMO	AZIONE	DURATA
De Amicis	E0	2	banco spessoramento rilascia con gioco irregolare, sostituzione e pulitura pompa loctite (lavorato a mano)	intervento manutenzione EPS	accumulo pz in postazioni precedenti	45'
De Amicis	E1	2	banchino automatico fa molte riprove con guide alte e basse (sostituito i cassoni di cremagliere)	intervento TL	accumulo pz in postazioni precedenti	30'
De Amicis	E2	1	regolazione sonda per lettura lunetta	intervento TL	accumulo pz in postazioni precedenti	20'
De Amicis	E5	1	sostituito micro di lettura boccola	intervento manutanzione C.le	lavorato a linea ridotta	30'
De Amicis	E5	4	attesa snodo esterno	intervento TL	accumulo pz in postazioni precedenti	20'
De Amicis	E3	2	attesa inner ...118		lavorato a linea ridotta	40'

Figura 4.4 – Registro fermi dai P.O.

Indicatori di efficienza

Gli indicatori di efficienza, le cosiddette “metriche”, che rientrano nell'attività del B2B (Back to Basic), sono dei report di monitoraggio compilati a cadenza giornaliera dal responsabile del reparto di assemblaggio in base ai risultati conseguiti, allo scopo di calcolare il valore di parametri considerati significativi nella valutazione dell’efficienza produttiva del reparto stesso. Per mettere in evidenza i livelli di performance raggiunti, tali metriche sono affisse all’interno del reparto lungo le linee.

I report constano esattamente di nove schede, ognuna delle quali facente riferimento a:

1. Infortuni
2. Problemi qualitativi
3. Layered Process Audit
4. Costo scarti
5. Prodotto programmato
6. Efficienza
7. OEE
8. PPH (pezzi/operatore/ora)
9. Cause mancata produzione

Ai fini dell'analisi sono significativi i dati contenuti nella sesta (*Figura 4.5*), nella settima (*Figura 4.6*) e nella nona scheda (*Figura 4.7*).

Giorno	06-mar	08-mar	09-mar	10-mar	11-mar	12-mar	13-mar	15-mar	16-mar	17-mar	18-mar	19-mar	20-mar
Ore lavorate		71,3	76,8	73,8	76,3	82,1		99,2	99,2	95,6	101,8	98,4	
Ore presenza	0,0	72,0	105,0	75,0	77,0	89,5	0,0	112,0	101,0	97,5	103,2	100,4	0,0
Efficienza		99,1%	73,2%	98,5%	99,1%	91,7%		88,5%	98,2%	98,1%	98,6%	98,0%	

Giorno	22-mar	23-mar	24-mar	25-mar	26-mar	27-mar	29-mar	30-mar	31-mar	01-apr	02-apr	03-apr	05-apr	06-apr	07-apr	08-apr	09-apr	TOT.
Ore lavorate	104,3	103,9	102,3	114,8	98,8		103,9	107,8	89,4									1.700
Ore presenza	112,5	112,5	105,5	116,3	112,5	0,0	112,5	112,5	102,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1.819
Efficienza	92,7%	92,3%	97,0%	98,7%	87,8%		92,3%	95,8%	87,2%									93,4%

Figura 4.5 – Esempio di report sull'andamento dell'efficienza della linea E0 nel mese di marzo 2010.

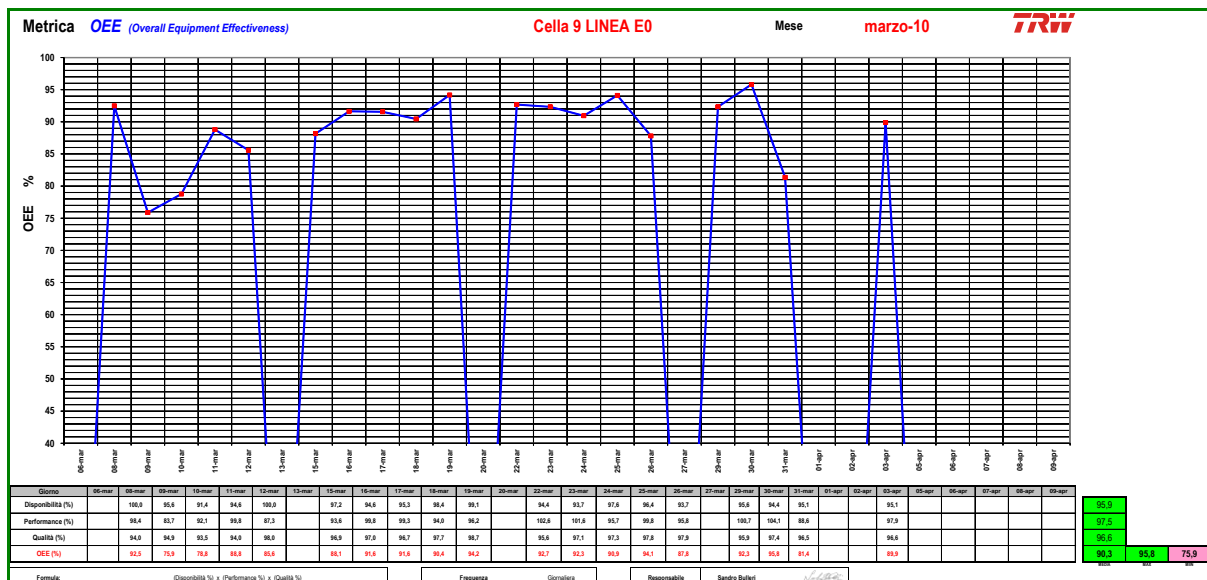



Figura 4.6 – Esempio di report sull’andamento dell’OEE della linea E0 nel mese di marzo 2010.

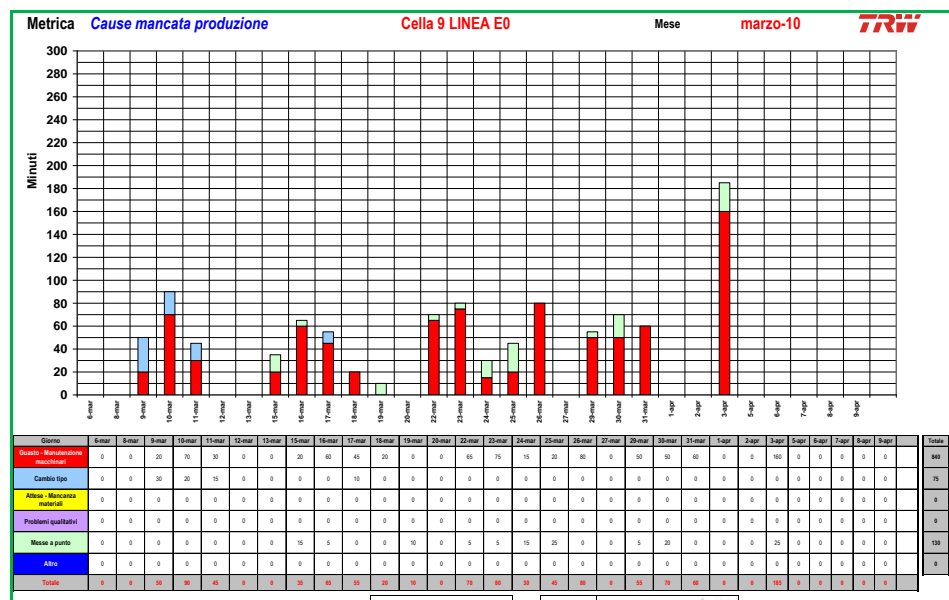



Figura 4.7 – Esempio di report sull’andamento dell’OEE della linea E0 nel mese di marzo 2010.

4.3.1.1 **Identificazione trend dell’OEE**

Il primo passo nello studio del livello di efficienza produttiva raggiunto dalle linee di assemblaggio del reparto Guide Meccaniche è consistito nella determinazione dell’Overall Equipment Effectiveness.

Come abbiamo visto nei capitoli precedenti, questa grandezza dinamica, espressa in punti percentuali, riassume in sé tre concetti molto importanti dal punto di vista del monitoraggio

della produzione: disponibilità, efficienza e tasso di qualità di un impianto. Infatti il valore dell'OEE è dato dal prodotto dei tre elementi: OEE= A x P x Q.

Nella realtà TRW i tre fattori vengono così calcolati:

- $\text{Disponibilità} = \frac{\text{Minuti di produzione effettiva}}{\text{Minuti disponibili}} \times 100$

dove:

Minuti disponibili = 420 * N° turni,

Minuti di produzione effettiva = minuti disponibili – minuti totali di perdita

- $\text{Performance} = \frac{\text{Produzione effettiva totale}}{\text{Produzione attesa}} \times 100$

dove:

Produzione attesa = Minuti effettivi di lavoro / Cadenza media di assemblaggio (n° pz/min)

- $\text{Qualità} = \frac{\text{N° pezzi conformi}}{\text{N° totale dei pezzi prodotti}} \times 100$

dove:

N° pezzi conformi = N° totale dei pezzi prodotti – Scarti

In questa prima analisi sono risultati determinanti i dati raccolti negli indicatori di performance che permettono di ricavare il trend dell'OEE delle sei linee del reparto (*Figure 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13*).

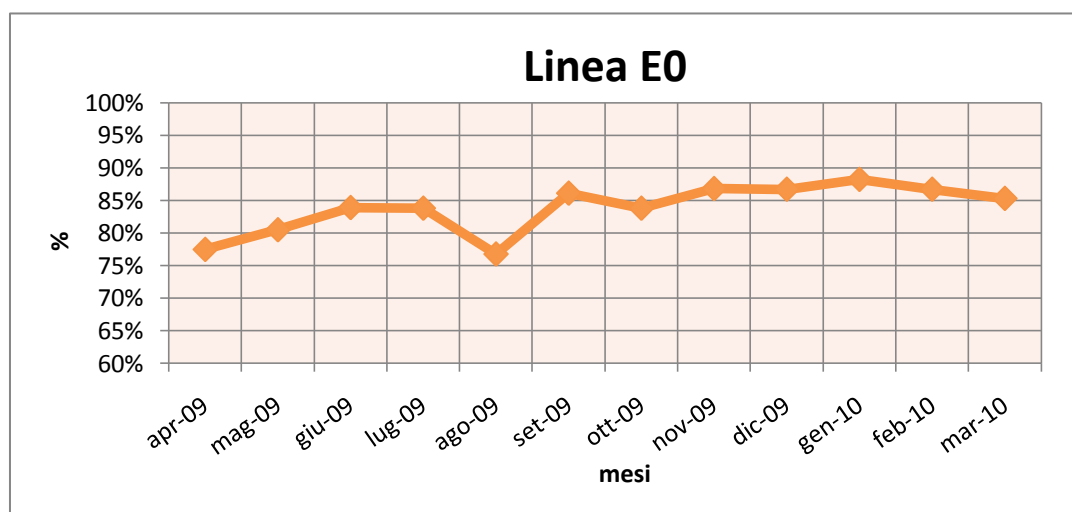



Figura 4.8 – Trend dell'OEE della linea E0.

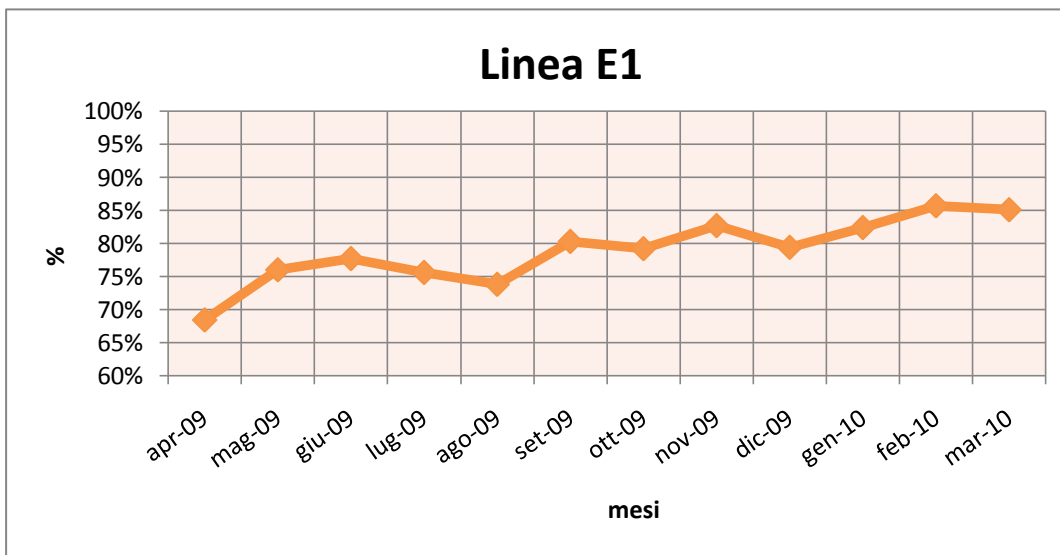



Figura 4.9 – Trend dell'OEE della linea E1.

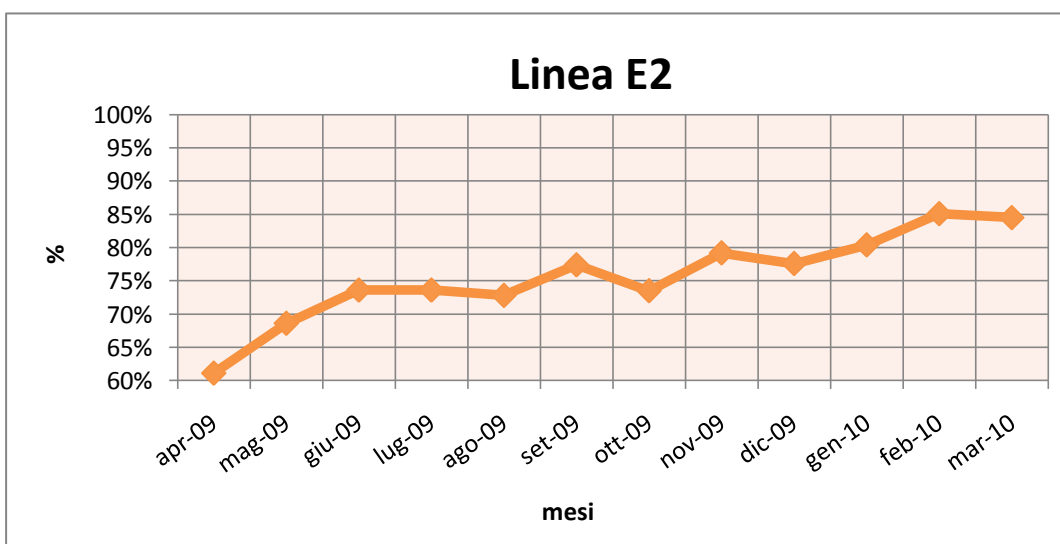



Figura 4.10 – Trend dell'OEE della linea E2.

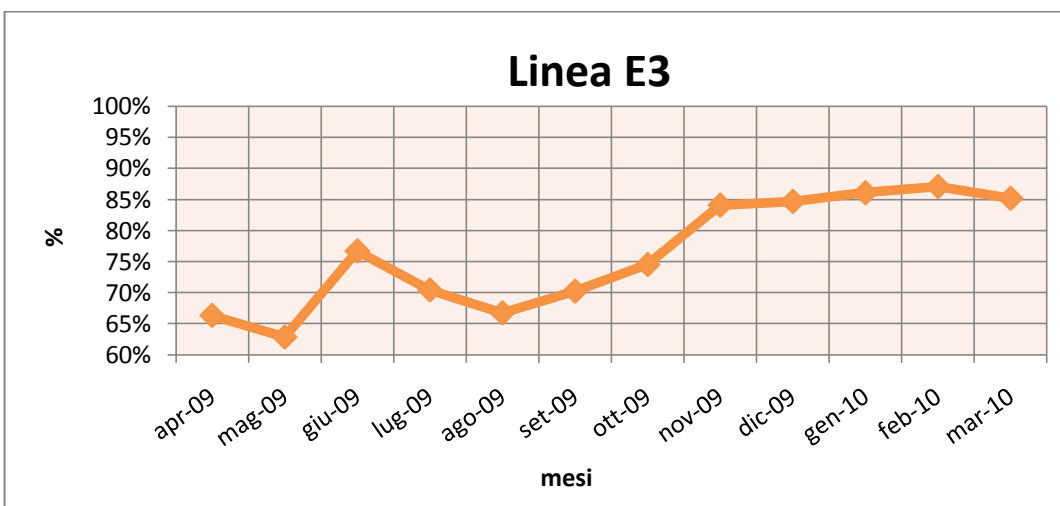



Figura 4.11 – Trend dell'OEE della linea E3.

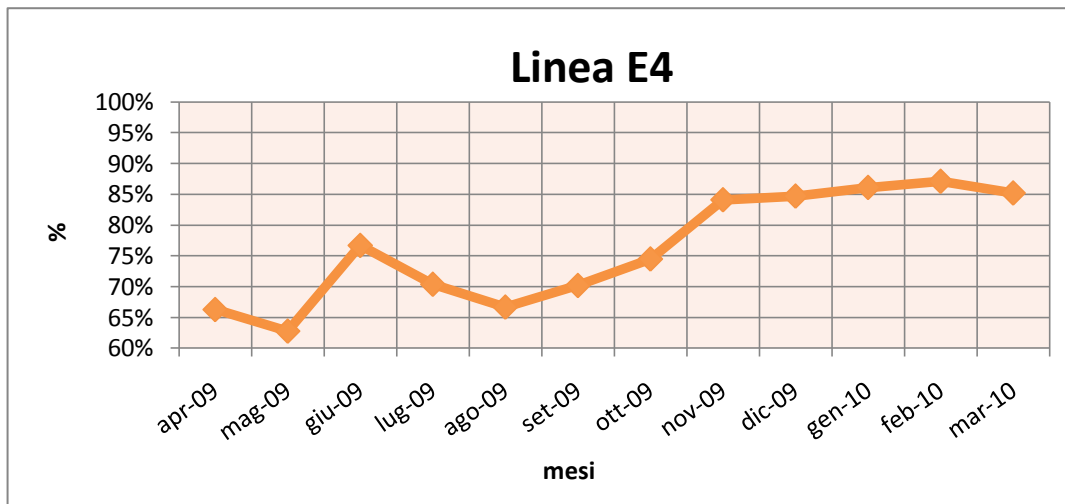



Figura 4.12 – Trend dell’OEE della linea E4.

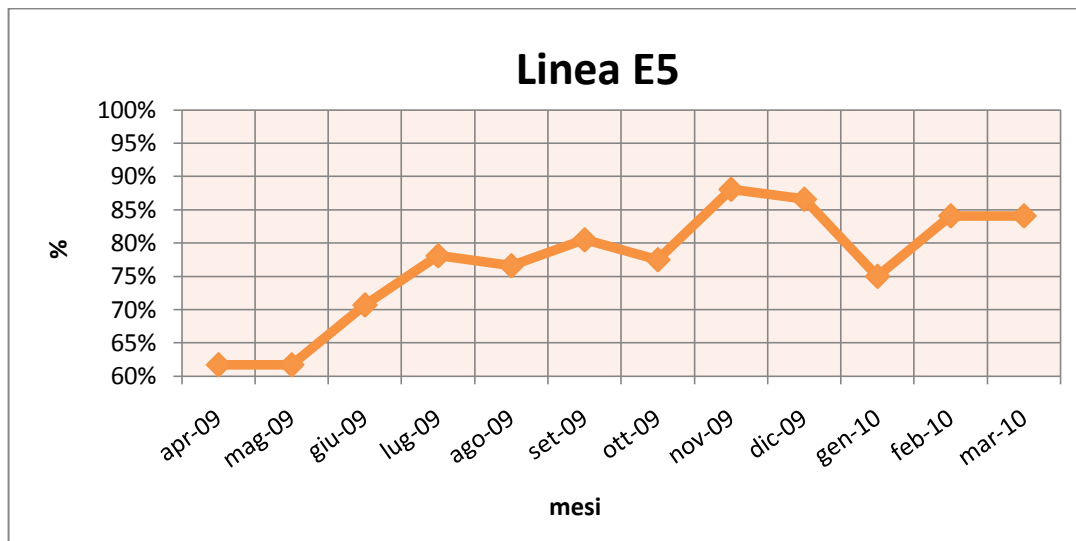



Figura 4.13 – Trend dell’OEE della linea E5.

Si osserva che l’OEE ha un andamento crescente, oscillando tra il 60% e l’88%, valore ritenuto accettabile ma sensibile di miglioramento. In particolare, le linee E0 e E1 hanno registrato un andamento piuttosto regolare, raggiungendo nel caso della E0 il livello più alto di OEE; le linee E2, E3, E4 ed E5 sono caratterizzate invece da un trend fortemente oscillatorio, alternando a valori molto alti di OEE valori decisamente bassi, come il 60% raggiunto dalla linea E5 nell'Aprile 2009.

La determinazione dell’andamento dell’OEE ha permesso di capire qual è il livello di efficienza effettiva raggiunto fino al momento del rilevamento e lo scostamento rispetto agli obiettivi stabiliti durante la fase di pianificazione.

4.3.1.2 **Identificazione del trend Disponibilità – Performance – Qualità**

Gli indicatori di performance rappresentano strumenti molto efficaci anche per l'estrapolazione dei dati sul trend dei tre indici che costituiscono l'OEE. Tale analisi risulta indispensabile se si considerano gli effetti che la manutenzione autonoma dovrebbe apportare. Come si osserva dai grafici riportati di seguito (*Figure 4.14, 4.15, 4.16, 4.17, 4.18, 4.19*):

- la *performance* ha un andamento irregolare e raggiunge livelli particolarmente bassi sulle linee E4 e E5, dove si rileva un valore di poco superiore al 70%;
- si registrano livelli della *qualità* elevati, con un valore che oscilla attorno al 95%;
- ai fini dell'esame ci focalizziamo principalmente sull'andamento della *disponibilità* degli impianti, su cui si suppone che l'implementazione della manutenzione autonoma avrà effetti diretti. Essa ha un andamento regolare con gap per ogni linea di pochi punti percentuali e il cui valore medio si attesta sul 93%.

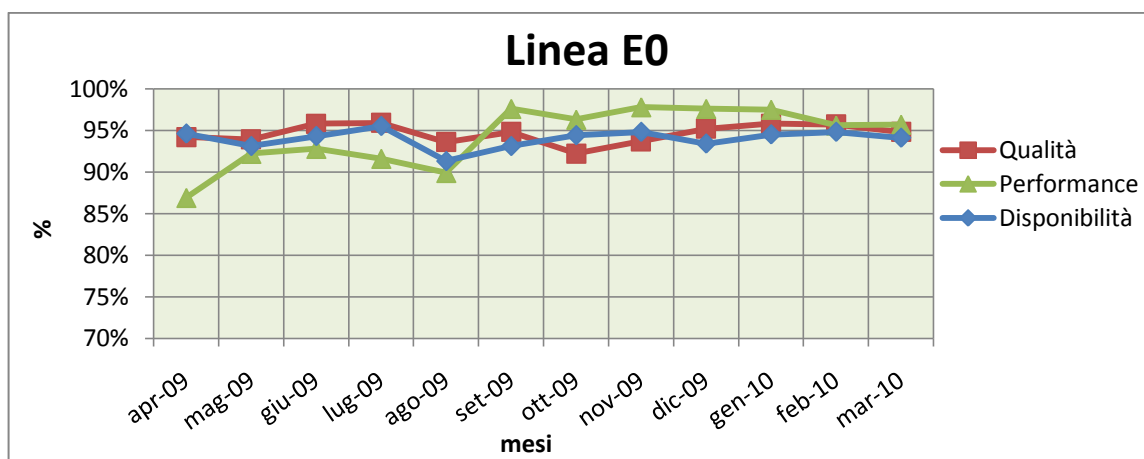



Figura 4.14 – Trend di Disponibilità - Performance - Qualità della linea E0.

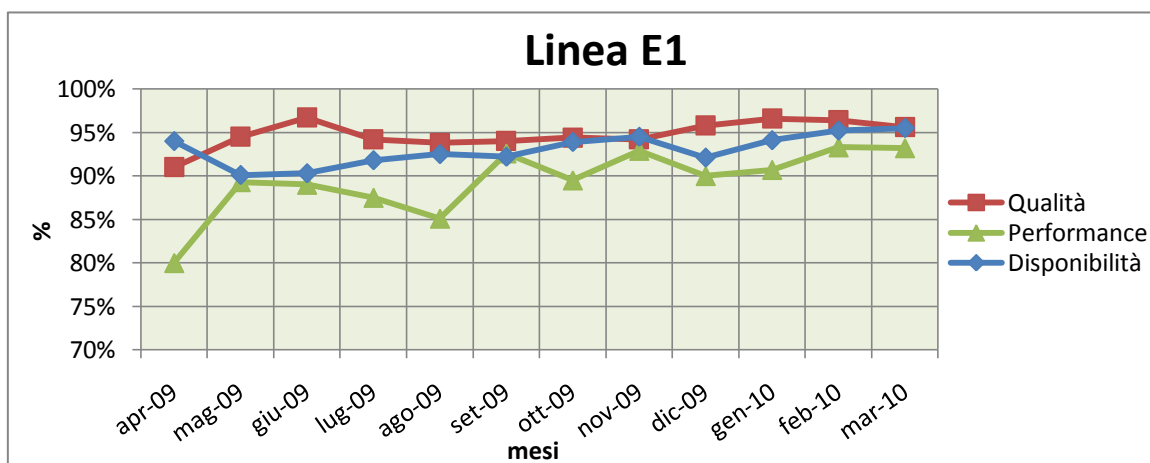



Figura 4.15 – Trend di Disponibilità - Performance - Qualità della linea E1.

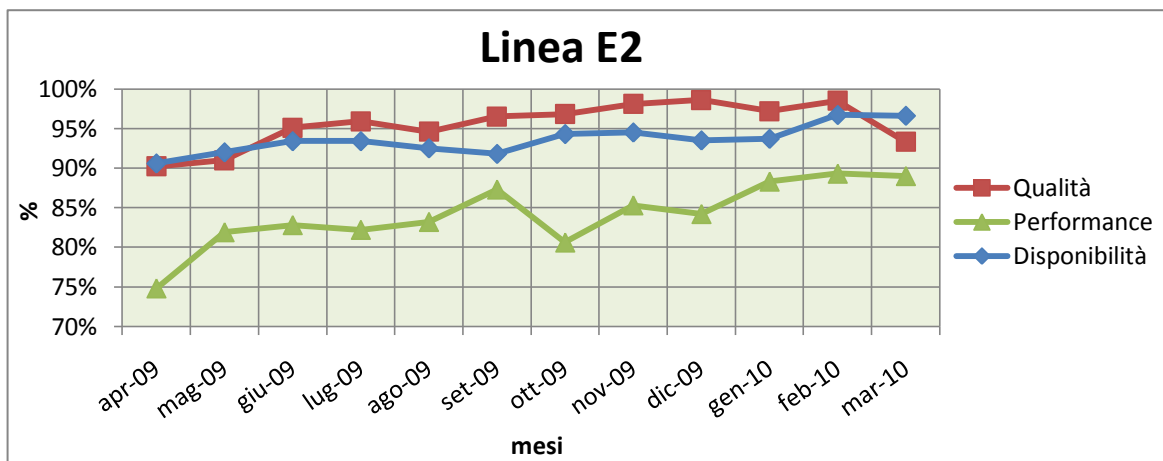



Figura 4.16 – Trend di Disponibilità - Performance - Qualità della linea E2.

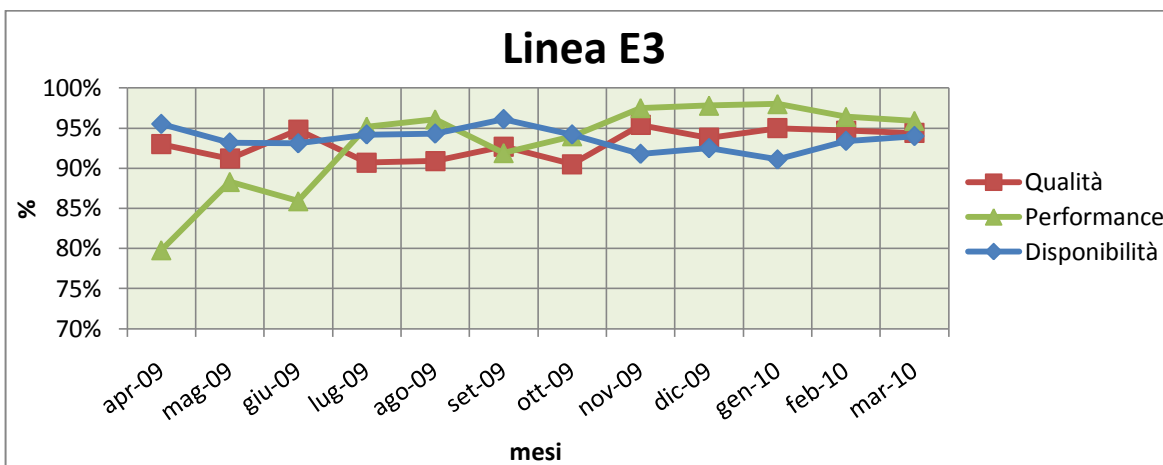



Figura 4.17 – Trend di Disponibilità - Performance - Qualità della linea E3.

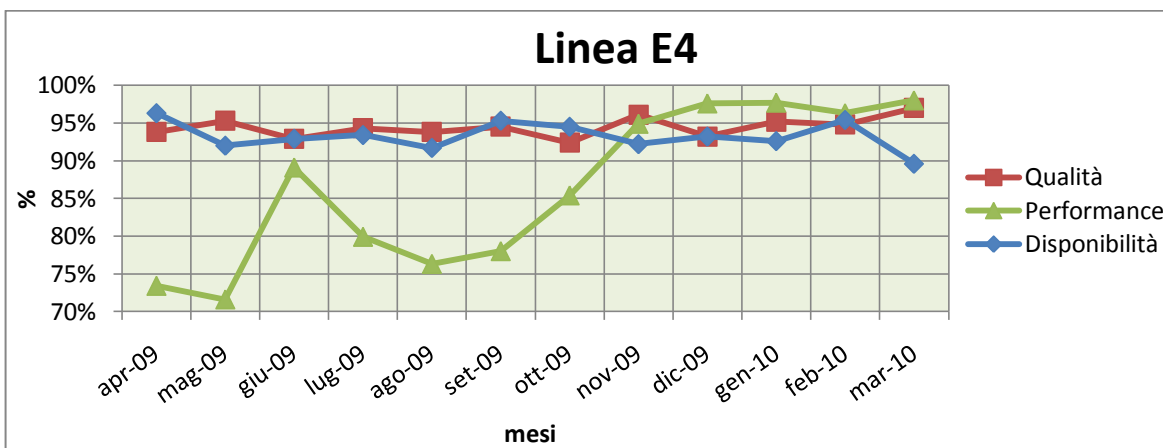



Figura 4.18 – Trend di Disponibilità - Performance - Qualità della linea E4.

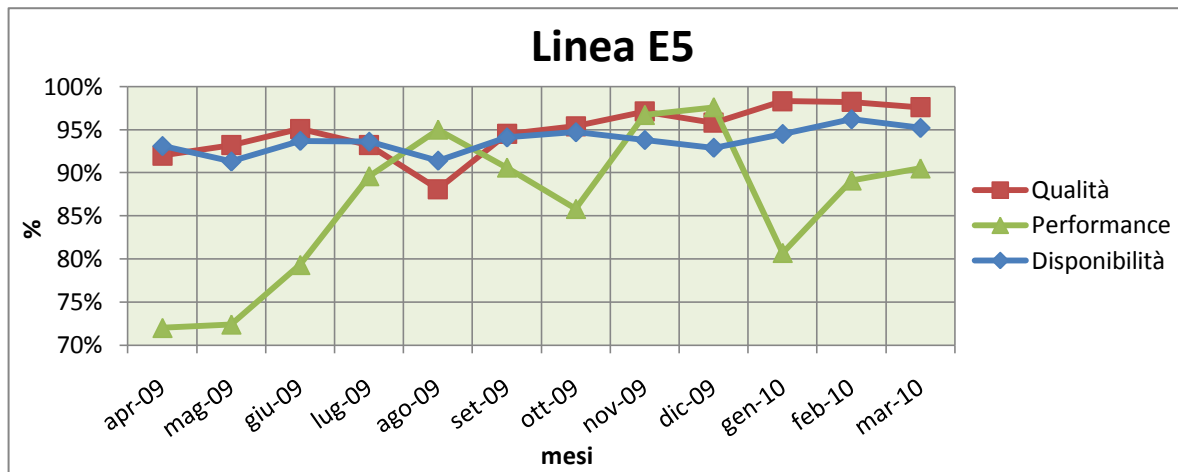



Figura 4.19 – Trend di Disponibilità - Performance - Qualità della linea E5.

4.3.1.3 **Analisi delle 5 principali cause di perdita**

Esplodendo il dato della disponibilità, dall'analisi dei PO e degli indicatori di efficienza, è stato possibile identificare le principali cause che determinano il fermo della linea. Queste sono principalmente cinque:

- messa a punto: intervento effettuato direttamente dal personale di linea, dovuto ad anomalie minori sugli impianti;
- problema qualitativi: sono causati da materie prime non conformi;
- attesa/ mancanza materiale: deriva da rotture di stock;
- cambio tipo/ set up: ri-attrezzaggio della macchina per l'assemblaggio di un nuovo codice;
- guasto: arresto della macchina che richiede l'intervento della manutenzione e un tempo di ripristino superiore a quello delle messe a punto. Generalmente, quando si verifica un fermo macchina dovuto a guasto che si protrae per lungo tempo, il personale viene spostato su un'altra linea. Le macchine utilizzate nel processo di assemblaggio delle guide meccaniche sono interessate a quattro tipologie di guasto: meccanico, elettrico, pneumatico e idraulico. Il guasto meccanico consiste nel cedimento degli organi in movimento delle macchine. Si parla di guasto pneumatico o idraulico quello che colpisce rispettivamente il sistema di azionamento ad aria e a liquido. Infine, le fermate che riguardano il PLC, il quadro elettrico, i cablaggi e i sensori possono essere definiti guasti elettrici.

I diagrammi a torta (*Figura 4.20*) che seguono mostrano l'incidenza di ognuna di esse per tutte le sei linee per il periodo di riferimento.

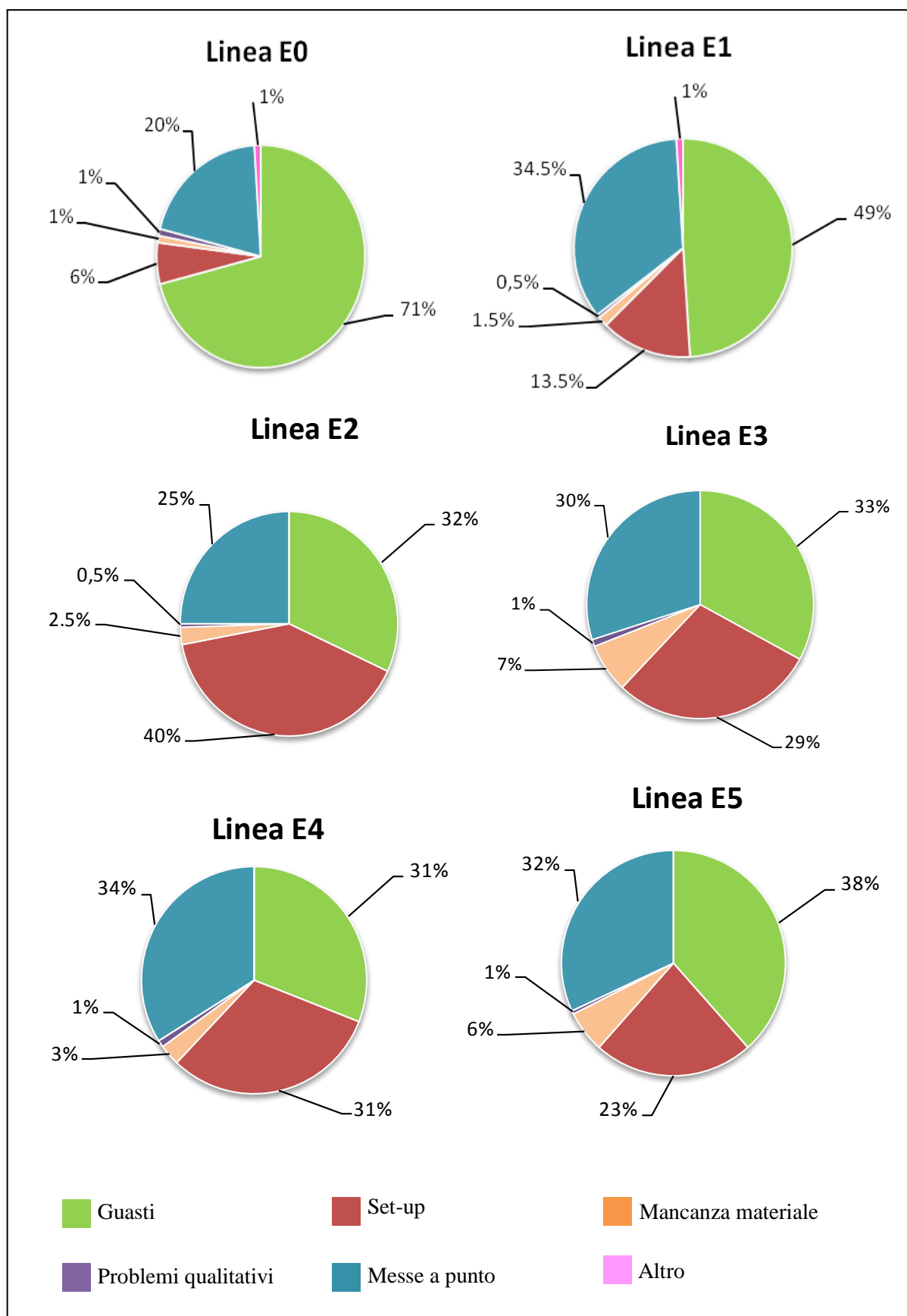



Figura 4.20 – Percentuale di accadimento delle 5 cause di guasto.

Come si osserva dalla figura, le cause principali di indisponibilità delle macchine sono rappresentati dai guasti, le messe a punto e i settaggi. In particolare, per la linea E0, i guasti arrivano a coprire addirittura il 71% delle cause totali di fermo. L'incidenza dei problemi qualitativi risulta invece molto bassa a conferma dei livelli elevati di qualità registrati su tutte le linee. Il TPM, come strumento volto al miglioramento della disponibilità degli impianti, si prefigge l'obiettivo di ridurre, se non eliminare, proprio le cause di fermata non programmata come guasti e messe a punto.

4.3.1.4 **Diagnosi dei guasti**

Dopo aver definito quali sono le principali cause di perdita, nella quarta e ultima fase si è concentrata l'attenzione sui fermi dovuti a guasti in modo da identificare con precisione i punti con le principali opportunità di miglioramento. Utilizzando l'archivio degli interventi dalla manutenzione ed i consuntivi di produzione, si è proceduto a creare una matrice (*Tabella 4.1*) che mettesse in luce le tipologie di guasto più frequenti, quelle che richiedono maggiore tempo di ripristino.

Guasti	Azioni correttive	Durata fermo (min)
Stazione 10 - Montaggio boccola e cuscinetto a rullini		
▪ sensore non rileva il cuscinetto a rulli	▪ messa a punto del sensore	30
▪ sensore non legge il barcode	▪ sostituito sensore lettura barcode	25
▪ sensore non rileva la presenza del braket	▪ sostituzione del cavo del sensore	20
▪ pistola barcode non funzionante	▪ sostituito pistola barcode	15
▪ micro di lettura boccola non funzionante	▪ sostituito micro	20
Stazione 20 - Inserim. Cremagliera e Run-in		
▪ casca la ghiera pignone durante il ciclo	▪ sostituzione o-ring	30
▪ macchina ferma per mancanza grasso	▪ sostituzione fusto del grasso	40
▪ pistone inserimento cremagliera guasto	▪ sostituzione elettrovalvola	25
▪ inserimento cremagliera in allarme per anomalia grasso	▪ sostituzione fusto del grasso	30
▪ sonda difettosa al run-in (causa moltissimi scarti al profiling)	▪ riparata sonda	15
▪ non avvenuta oliatura della lunetta a causa di un micro non funzionante	▪ sostituito micro	20
▪ non corretta erogazione del grasso a causa	▪ regolata pressione	20

della pressione non corretta ▪ micro inserimento cremagliera non funzionante ▪ run-in in blocco per una ghiera pignone incastrata nella macchina ▪ barriera di sicurezza non funzionante ▪ non avvenuta cianfrinatura ghiera pignone ▪ pistola non eroga il grasso ▪ fotocellula non rileva presenza lunetta	▪ sostituito micro ▪ recuperata ghiera ▪ riparazione barriera ▪ cambiati cianfrini ▪ sostituzione cavo e pulsante pistola ▪ regolata fotocellula	30 15 45 40 25 30
Stazione 30 – Spessoramento ▪ gioco lunetta irregolare ▪ erogazione non omogenea loctite ▪ cianfrinatura non effettuata ▪ micro presenza cianfrino non funzionante ▪ pistola barcode non funzionante ▪ micro controllo boccola non funzionante ▪ finita loctite ▪ sensori presenza molla e presenza cianfrino non funzionanti ▪ cianfrinatura non effettuata	▪ sostituzione e pulitura pompa loctite ▪ sostituito pompetta per loctite ▪ puliti i cianfrini dalla loctite ▪ sostituzione cavetto del sensore ▪ sostituzione cavo ▪ sostituito micro ▪ riempimento serbatoio loctite ▪ sostituito cavo dei sensori ▪ cambiati cianfrini	40 45 10 20 25 15 15 35 30
Stazione 40 – Montaggio inner ▪ sensore presenza distanziale dx non funzionante ▪ banco in emergenza ▪ cianfrinatura non eseguita per cianfrino rotto ▪ sensore non legge i cianfrini ▪ non corretto serraggio dei tiranti	▪ riparato sensore ▪ sostituito relè delle barriere ▪ sostituiti cianfrini ▪ riparato sensore ▪ smontate gabbie tiranti e pulite	40 15 35 20 60
Stazione 50 - Verifica / Regolazione gioco lunetta ▪ sonda bloccata dalla loctite ▪ computer in blocco per cavo pistola tranciato ▪ sensore lettura lunetta non funzionante	▪ smontata e pulita sonda ▪ sostituito cavo ▪ sostituzione e regolazione sensore	20 15 35
Stazione 60 – Montaggio soffietti ▪ pistola oetiker non funzionante ▪ pinza oetiker non dà OK alla chiusura della fascetta	▪ cambiata pistola oetiker ▪ ricalibrazione pinza oetiker	30 25

Stazione 70 – Rack Pull ▪ PC non comunica con la stampante ▪ piastrina per battuta punto P rotta ▪ stampante non funzionante	▪ sostituzione cavo stampante ▪ sostituita piastrina ▪ rifornimento carta e ribbon	25 45 25
Stazione 90 – Regolazione fine ▪ micropuntinatrice non funzionante ▪ chiusura OBJ non funzionante ▪ gefran per quota avvitatura OBJ non funzionante ▪ pistoncino della slitta avvitatore sx non funzionante ▪ avvitatori dado non partono	▪ sostituzione testina e messa a punto ▪ sostituita elettrovalvola della morsa avvitatore OBJ ▪ sostituito gefran ▪ sostituzione e lubrificazione pistoncino ▪ resettati avvitatori dado	15 35 20 25 20

Tabella 4.1 - Matrice dei guasti delle linee di assemblaggio guide meccaniche

La tabella è stata costruita raggruppando i guasti per banco e considerando che le sei linee su cui si assemblano le guide meccaniche hanno macchinari con le stesse caratteristiche e quindi criticità tecniche molto simili.

Elaborando queste informazioni è stato possibile stabilire un ranking di criticità dapprima tra le linee Guide meccaniche (*Figura 4.21*) e poi tra le macchine di montaggio.

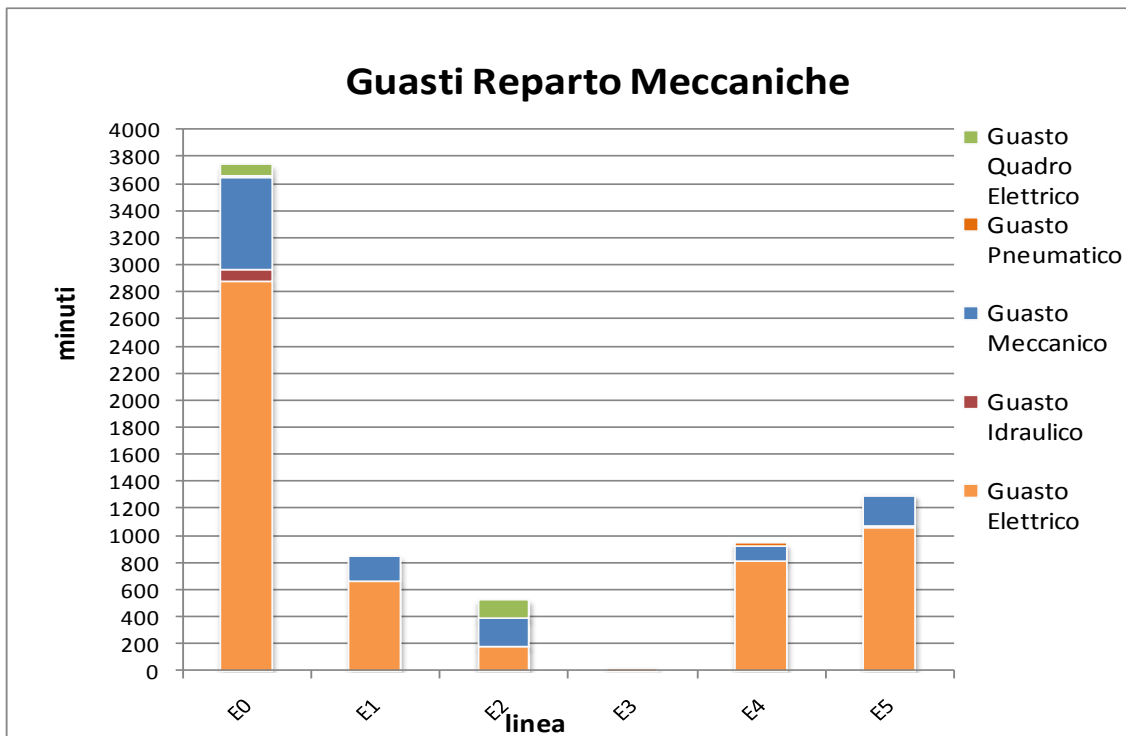



Figura 4.21 - Distribuzione dei guasti nel reparto Guide Meccaniche.

Dall'istogramma di Figura 4.21 si ricava che la linea che presenta maggiori guasti e rileva quindi maggiore criticità è la E0. Esaminando nel dettaglio, attraverso il grafico di figura 4.22, come sono distribuiti i guasti tra i diversi banchi della E0, si osserva che la fase più critica è la 20, corrispondente all'operazione "Inserimento cremagliera e Run-in", con una dominanza di guasti elettrici che portano ad una perdita di disponibilità di ca. 2500 minuti, mentre quella più affidabile è la 50 "Verifica/Regolazione gioco lunetta".

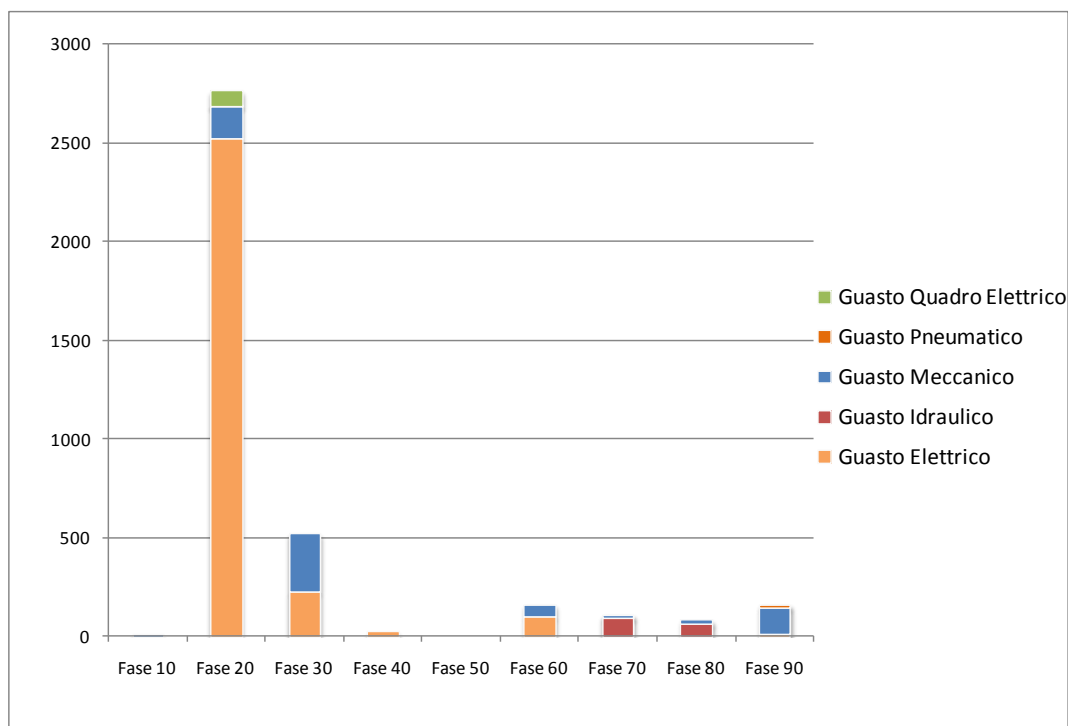



Figura 4.22 - Distribuzione dei guasti lungo la linea di assemblaggio E0.

Giunti a termine di questa attività prima di passare alla fase successiva, è stata documentata fotograficamente la situazione in cui versavano le macchine e le attrezzature, e più in generale l'intera linea prima del progetto TPM (*Figura 4.23*). Tale operazione, che può sembrare banale, è invece particolarmente significativa in quanto permette di mettere a confronto in maniera immediata ed efficace le modifiche apportate ed i risultati ottenuti attraverso l'implementazione delle tecniche del TPM, ed aiuta inoltre a diffondere all'interno dello stabilimento la cultura della manutenzione autonoma.

Figura 4.23 - Fotografie del reparto prima dell'implementazione delle attività TPM.

Dalle immagini si può osservare lo stato di sporcizia e difformità in cui versano le macchine dovuto al massiccio impiego di grassi, sigillante liquido e prespalmato nel processo di assemblaggio. Queste condizioni sono molto spesso all'origine di non funzionamenti degli impianti stessi, come avviene nelle operazioni di cianfrinatura, run-in e distribuzione di sigillante. Inoltre dalle foto si può notare l'accumulo di materiale sotto ai banchi.

4.3.2 **Individuazione del personale coinvolto**

Il secondo step previsto dal programma di implementazione della manutenzione autonoma ha previsto l'individuazione delle risorse umane coinvolte in tal progetto, definendone compiti e responsabilità.

Le posizioni interessate alla gestione del reparto di assemblaggio sono riportate nel seguente organigramma che identifica le relazioni gerarchiche tra le diverse figure:

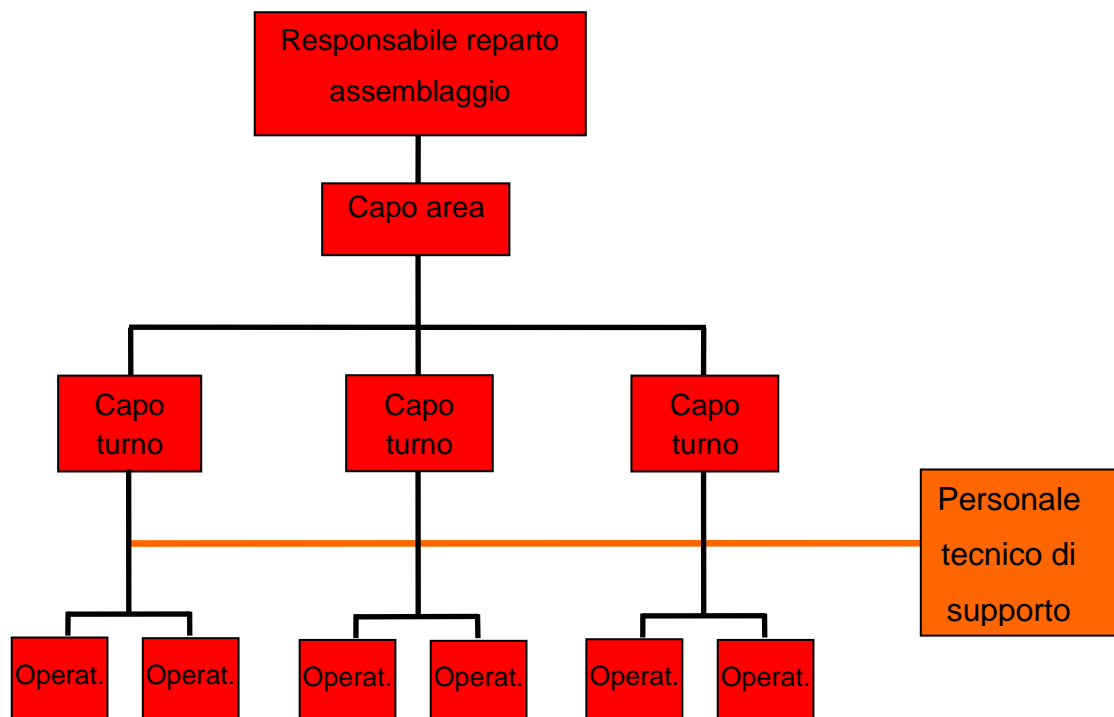



Figura 4.24 - Organigramma del reparto assemblaggi guide meccaniche

La struttura del reparto assemblaggio Guide Meccaniche è coordinata da un responsabile, il quale sovraintende alle attività del capo area. Il terzo livello è occupato da tre capiturno, ciascuno dei quali può contare sugli attrezzisti, generalmente tre per turno, opportunamente inquadrati per offrire supporto tecnico alla produzione.

Identificate le persone coinvolte, occorre definire qual è i loro compito nell'ambito TPM.

Si è quindi deciso che:

- Il responsabile del reparto di assemblaggi Guide Meccaniche ha il compito:
  - in fase di preparazione, di programmare lo svolgimento del progetto, nonché di rendere disponibile il materiale di cui si avrà bisogno per l'esecuzione delle attività previste;
  - durante la fase di avvio progetto, di introdurre i principi e gli strumenti del TPM a tutti coloro coinvolti;

- durante lo svolgimento del progetto, di coordinare le attività garantendone il corretto svolgimento sia in relazione agli obiettivi che ci si è prefissi, che alla durata programmata del progetto;
- al temine del progetto, di illustrare i risultati ottenuti, gli obiettivi ancora da raggiungere e le attività che occorre implementare per mantenere le condizioni dei macchinari nella stessa situazione in cui si trovano al termine del progetto e, se possibile, migliorarle.

- Il Responsabile degli Assemblaggi è chiamato a valutare le attività svolte ed i risultati ottenuti, ed a farsi promotore del progetto di introduzione e sviluppo del Total Productive Maintenance all'interno dello stabilimento.
- Il Capo Area è chiamato a partecipare in prima persona al progetto per apprendere i principi della TPM e farsi successivamente promotore delle normali attività previste dall'implementazione di tale metodologia.
- I Capiturno e i Team Leader (Personale tecnico di supporto) partecipano attivamente alle attività previste durante il progetto, e forniscono il loro contributo nel rintracciare quelle anomalie non visibili ad occhio nudo, ma di cui essi sono perfettamente consapevoli in quanto quotidianamente a contatto con le macchine sulle quali si manifestano; inoltre, la loro familiarità col ciclo produttivo che ha luogo sulle linee fa sì che si colga l'occasione per evidenziare, e se possibile implementare, quei miglioramenti che possono produrre riduzioni del downtime connesse ai micro guasti e difettosità.

Per definire i compiti e le responsabilità di ciascuna figura coinvolta nella realizzazione del progetto TPM uno strumento efficace risulta essere la matrice delle responsabilità (*Tabella 4.2*). Scopo di tale matrice è fare chiarezza e concordare su *chi fa che cosa*, in modo che si possano definire le colonne con il dettaglio richiesto.

Figure / Compiti	RESPONSABILE ASSEMBLAGGI	RESPONSABILE REPARTO	CAPO AREA	CAPO TURNO	TEAM LEADER
Pianificare le attività	X	X			
Preparare gli strumenti TPM		X			
Coordinare le attività		X	X	X	
Addestrare il personale		X			
Coinvolgere il personale		X	X		
Monitorare i risultati	X	X			
Individuare le attività di auto-manutenzione		X	X	X	X
Effettuare le attività TPM					X

Tabella 4.2 - Matrice delle responsabilità.

4.3.3 **Realizzazione degli strumenti**

Dopo la fase iniziale di analisi delle criticità e una volta stabilito il personale coinvolto nel progetto TPM, si è reso necessario creare tutti quegli strumenti che rendano la manutenzione autonoma operativa, concreta, effettiva, concretizzabile

Tali elementi comprendono:

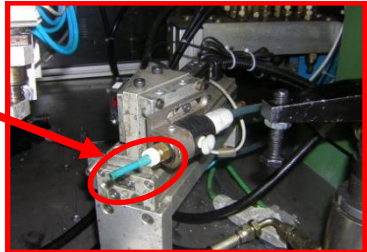
- la documentazione TPM,
- il corso di formazione,
- il programma interattivo degli interventi giornalieri.

4.3.3.1 **Documentazione del TPM**

L'obiettivo è stato creare una serie di documenti che possano in maniere sistematica e completa guidare nella gestione delle attività TPM. Innanzitutto si è reso necessario determinare le operazioni di manutenzione autonoma che i capi turno e i team leader

dovranno effettuare e raccoglierle in *Check List*. Queste saranno supportate da una serie di *Schemi Visivi* che facilitano il personale operativo nello svolgimento delle attività, consentendogli di individuare velocemente i punti d'intervento.

Per addestrare il personale su come devono essere svolte le operazioni sono state elaborate delle *Istruzioni operative*. Infine è stato necessario creare un *Calendario* che permettesse al responsabile del reparto la programmazione temporale delle attività, definendo quali eseguire in quali giorni del mese.

4.3.3.1.1 Check List

L'elaborazione delle Check List consta di due momenti:

1. l'individuazione delle attività di manutenzione autonoma,
2. la determinazione del loro formato.

L'identificazione delle azioni di prevenzione da svolgere nell'ambito della manutenzione autonoma parte dall'analisi delle anomalie e guasti più frequenti, realizzata nella fase precedente. Infatti dallo studio su ciascuna postazione, condotto allo scopo di individuare i parametri e gli aspetti da controllare per prevenire le cause di deterioramento forzato, è stato possibile capire quali interventi potessero essere eseguiti dallo stesso personale di linea durante lo svolgimento del giro di ispezione autonoma, senza dover segnalare l’anomalia al team di manutenzione per garantire il ripristino delle normali condizioni di funzionamento di ogni singola macchina.

Nella tabella di seguito sono riportati esempi di anomalie emerse a seguito dell’attività di analisi dei banchi e i relativi interventi suggeriti per eliminare le cause di deterioramento forzato ed implementare il miglioramento proposto.

FASE		GUASTO	CAUSA	TEMPO FERMO (minuti)	AZIONE PREVENTIVA	
10	Montaggio boccola e cuscinetto a rulli	Pistola barcode non funzionante	Rottura cavetto	15	Controllo stato usura cavo ed eventuale sostituzione durante un fermo linea programmato	
10	Montaggio boccola e cuscinetto a rulli	Sensore presenza boccola non funzionante	Sporcizia	30	Pulizia periodica sensore	
20	Inserimento Cremagliera & Run-in	Cade la ghiera durante il ciclo produttivo (c'è il rischio che la ghiera cada all'interno della macchina interferendo con i vari organi in movimento causando guasti di portata ben più elevata)	Usura o'ring	30	Sostituzione periodica o'ring	

20	Inserimento Cremagliera & Run-in	Erogazione non ottimale grasso → riduzione qualitativo / funzionale della guida	Pompa grasso non è a corretta pressione	20	Verifica / Regolazione pressione	
20	Inserimento Cremagliera & Run-in	Fotocellula presenza lunetta non funzionante	Sporcizia	30	Pulizia fotocellula	
30	Spessoramento	Pompa loctite guasta	Sporcizia	45	Pulizia pompetta	

30	Spessoramento	Arresto della macchina	Assenza loctite	15	Verificare il livello della loctite	
30	Spessoramento	Mancata cianfrinatura	Cianfrini bloccati dalla loctite	30	Pulizia cianfrini	
40	Avvitatura inner	Sensore presenza distanziale non funzionante	Sporcizia su telecamera di lettura	40	Pulizia sensore	

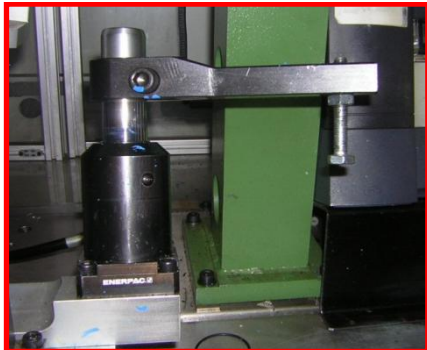
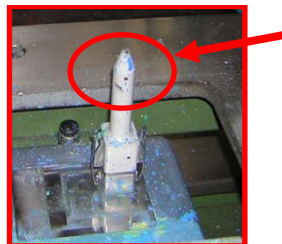
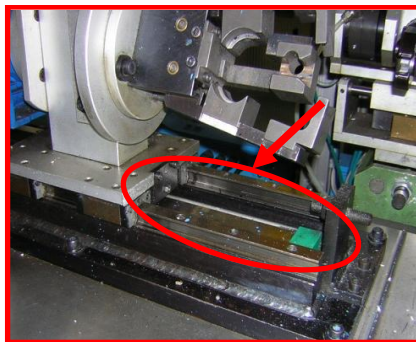
40	Avvitatura inner	Non avviene il corretto serraggio dei tiranti	Sporcizia delle gabbie	60	Smontare gabbie tiranti e pulirle	
50	Verifica / Regolazione gioco lunetta	Sonda bloccata	Presenza loctite sulla sonda	20	Pulizia sonda	
70	Rack-Pull	Stampante non funzionante	Assenza della carta e del ribbon	25	Prevedere materiale a scorta sul banco	

70	Rack-Pull	Non corretto serraggio della guida	Allentamento dei bloccaggi ENERPACK per carenza d'olio a trafilamenti	20	Verificare il livello d'olio della centralina ed eventuali perdite dall'impianto	
90	Regolazione fine	Micropuntinatrice non funzionante	Sporcizia	15	Pulizia	
90	Regolazione fine	Misura errata della distanza soffietto-OBJ	Sporcizia sui binari potenziometro	30	Pulizia	

Tabella 4.3 - Esempi di anomalie emerse e relative azioni preventive.

Come si può osservare le “microfermate” sono da attribuire principalmente a cause di sporcizia, dovuta a residui di grasso, olio, sigillante liquido, e mancata lubrificazione. Per questo gli interventi dell'auto-manutenzione possono esser ricondotti fondamentalmente a tre tipologie:

- pulizia,
- ispezione (VISUAL CONTROL),
- "micro" manutenzione.

Al termine di questa prima attività di analisi e ricerca degli interventi di Manutenzione Autonoma è stato quindi possibile sviluppare le Check List per ogni linea di assemblaggio. Lo scopo principale è stato quello di creare dei documenti quanto più possibile sintetici, di facile comprensione e immediata compilazione. I criteri di elaborazione del formato sono stati dunque:

- *standardizzazione*: format che si adatta ad ogni mese e ad ogni linea,
- facile fruibilità: format *user-friendly*, tramite l’adozione di colori e forme immediatamente riconoscibili,
- *poche pagine*: documentazione snella e di facile archiviazione
- *veloce compilazione*: a risposta multipla.

Poiché nel reparto assemblaggi Guide Meccaniche si contano più di cento interventi TPM e molte attività sono relative all'intera linea o comuni a tutti i banchi, per ottenere una documentazione snella e di facile archiviazione, si è pensato di creare due diversi formati dì check list: il primo raccoglie i cosiddetti interventi di linea mentre il secondo indica le attività specifiche per le otto fasi produttive. Di seguito si riportano i modelli dei due documenti predisposti per effettuare il giro di ispezione autonoma sulla linea E0.

TRW	ATTIVITA' DI TPM DI I LIVELLO REPARTI ASSEMBLAGGIO	TRW Stabilimento di Livorno
	Reparto GUIDE MECCANICHE — LINEA E0	

Mese / anno

2 volte / settimana	1 volta / 2 settimane	1 volta al mese	☐ Manutenzione	△ Ispezione	◯ Pulizia

R - ripristino immediato; BM - bolla manutentiva; AC - avvertito capoturno/capoarea

ATTIVITA' DI LINEA		LUN	MER	LUN	MER	LUN	MER	LUN	MER	LUN	MER
		Data / Matr. / Turno	Data / Matr. / Turno	Data / Matr. / Turno	Data / Matr. / Turno	Data / Matr. / Turno	Data / Matr. / Turno	Data / Matr. / Turno	Data / Matr. / Turno	Data / Matr. / Turno	Data / Matr. / Turno
Controllo livello olio centralina	△	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC
Verifica integrità cavo pistola barcode	△	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC
Chiusura quadri elettrici	☐	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC
Controllo livello grasso	△	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC
Controllo perdite d'aria	△	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC
Controllo perdite d'olio	△	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC	OK NOK Fase R BM AC

Figura 4.25 - Check List delle attività di linea

TRW

ATTIVITA' DI TPM DI I LIVELLO
REPARTI ASSEMBLAGGIO

Reparto GUIDE MECCANICHE | LINEA E0

TRW
Stabilimento di Livorno

Mese / anno

1 volta / settimana | 1 volta / 2 settimane | 1 volta al mese

Manutenzione | Ispezione | Pulizia

R - ripristino immediato
BM - bolla manutentiva
AC - avvertito capoturno/capoarea

Matr.
Turno
Giorno

ATTIVITA'			Lun	Mer	Ven	Lun	Mer	Ven	Lun	Mer	Ven	Lun	Mer	Ven	Lun	Mer	Ven	Data	Fase	SEGNALAZIONI	R	BM	AC
Fase 10: MONTAGGIO BOCCOLA E CUSCINETTO A RULLINI																							
10.1	Pulizia fotocellule																						
10.2	Controllo serraggio cavetto																						
10.3	Pulizia micro ingrassatore boccola																						
10.4	Rimozione materiale sotto al banco																						
10.5	Pulizia sensori presenza bkt dx e sx																						
10.6	Pulizia introduttore cuscinetto																						
10.7	Controllo pallina- ago gefran +asta di misurazione tolleranza																						
Fase 20: INSERIMENTO CREMAGLIERA & RUN-IN																							
20.1	Pulizia micro																						
20.2	Verifica del manomentro in uscita dal regolatore di pressione																						
20.3	Controllo serraggio battuta																						

Figura 4.26 - Check List delle attività specifiche per ogni linea.

Entrambe le Check List sono divise in due parti principali:

- l'intestazione del documento,
- il corpo del documento .

L'intestazione, comune a tutti i documenti prodotti nell'ambito del TPM, riporta il nome dello stabilimento, l'attività di riferimento, il reparto e la linea di assemblaggio.
Il colore di fondo non è casuale; esso infatti richiama i cosiddetti *eleven color*. Nonostante non siano richieste dalle normative vigenti nel settore Automotive, gli eleven color sono state introdotte dalla corporation come metodo visivo che permetta di riconoscere immediatamente il tipo di documento, istruzione, controllo che il personale si trova davanti. Nella figura 4.27 è riportato un prospetto con la corrispondenza tra la specifica documentazione di processo ed il relativo colore di riferimento. Si osserva che per i controlli di processo è indicato il verde chiaro, colore utilizzato nelle Check List.

Poka-Yoke	GIALLO
Gestione Non Conformi (Scarti)	ROSSO
Istruzioni di Lavoro Speciali	ROSA
Materiale in lavorazione WIP	PRUGNA
Addestramento	VERDE SCURO
Calibri e attività di calibrazione	LILLA
Controlli in processo e registrazioni	VERDE CHIARO
Campioni e master	ARANCIONE
Istruzioni e registrazioni per il cambio tipo o a inizio turno	CELESTE
Punti critici Qualità	BLU su BIANCO

Figura 4.27 - Gli eleven colour.

Il corpo del documento è la parte a cui l'operatore di linea deve porre maggiore attenzione, in quanto è riportata la sequenza delle operazioni da eseguire nel giro d'ispezione TPM.
In entrambi i formati sono presenti:

- lo spazio per indicare il mese e l'anno di riferimento;
- lo spazio per indicare il giorno, il turno e la matricola da parte di colui che esegue il giro di ispezione;
- l'elenco delle azioni da svolgere in corrispondenza di ciascuna macchina, identificate per mezzo di un codice a tre cifre, di cui le prime due si riferiscono alla fase e l'ultima è propria dell'attività;
- la tipologia di intervento da effettuare, indicata tramite delle figure geometriche differenti: rettangolo per la manutenzione, triangolo per l'ispezione, cerchio per la pulizia;

- la frequenza con cui deve essere svolta ciascuna attività, definita dai colori giallo, verde o blu in relazione al fatto che l'intervento debba essere eseguito rispettivamente una volta la settimana, una volta ogni due settimane o una volta al mese;
- uno spazio per segnalare l'esecuzione di quanto programmato in corrispondenza di ciascuna attività, e le eventuali non conformità;
- nella Check List relativa alle attività TPM vengono messe in evidenza, giorno per giorno, le attività che devono essere svolte tramite la colorazione delle caselle del colore corrispondente.

La scelta dei simboli e dei colori che caratterizzano ogni intervento di manutenzione autonoma, anche in questo caso, non è casuale ma suggerito da precisi criteri. La figura che segue sintetizza tali criteri di scelta.

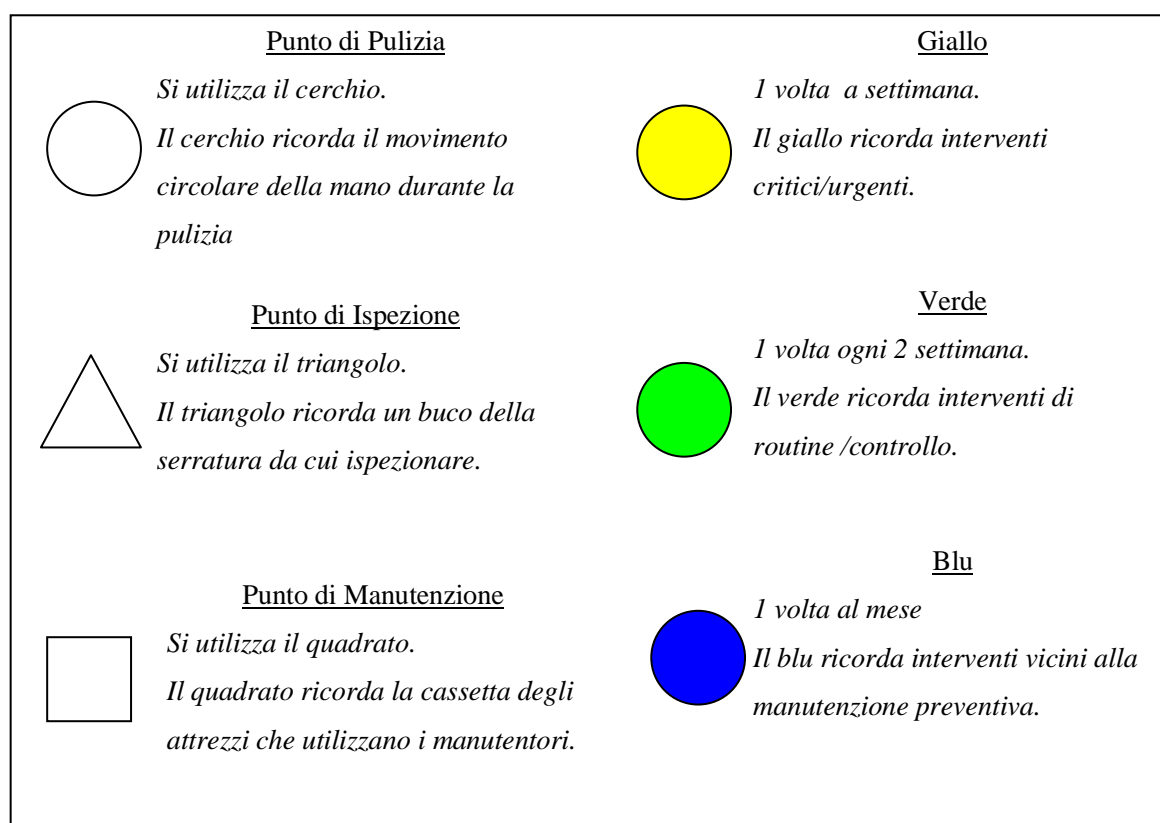



Figura 4.28 - Criteri di scelta dei simboli utilizzati nella documentazione TPM.

Per quanto riguarda la compilazione, i due formati sono differenti.

Nel caso della check list di linea, una volta effettuato l'intervento se ne registra l'esito, mettendo una spunta su OK o NOK,; nel caso di non conformità si indica il banco e la modalità di gestione dell'anomalia.

Nel caso della check list specifica per ogni stazione, si segna OK o NOK in base all'esito dell'intervento e si registra nelle segnalazioni l'eventuale azione correttiva adottata.
Il personale che esegue le attività TPM può gestire le non conformità rilevate in tre modi diversi:

- riesce da sé a ripristinare immediatamente l'anomalia,
- avverte il capoturno,
- richiede l'intervento della manutenzione

4.3.3.1.2 Istruzioni operative

Nell'ambito del progetto TPM si è manifestata la necessità di redigere delle istruzioni operative di Manutenzione Autonoma che definissero nel dettaglio il lavoro standard che il personale operativo TPM deve svolgere.
A tal proposito, osservando alcune attività di pulizia e micro manutenzione da effettuare sulle macchine assemblatrici, sono state individuate delle operazioni particolarmente critiche che necessitano il fermo macchina prolungato, maggiore accuratezza da parte degli operatori e quindi più tempo a disposizione. Tali operazioni vengono contrassegnate tramite il simbolo !. La maggior parte dei casi però si risolve in interventi immediati di durata inferiore al minuto che si concretizza fondamentalmente in operazioni di Visual Control. Le Istruzioni operative riportano dunque la descrizione dettagliata delle attività, gli strumenti necessari, nonché la durata relativa. Il documento delle Istruzioni operative è riportato di seguito.

TRW	ISTRUZIONI ATTIVITA' DI TPM DI I LIVELLO REPARTO MECCANICHE	TRW Stabilimento di Livorno

ATTIVITA'		DESCRIZIONE	STRUMENTI	DURATA (min)
010		Montaggio boccola e cuscinetto a rulli		
10.1		Rimozione grasso e soffiaggio con aria compressa	panno carta pistola aria compressa	4
10.2			VISUAL CONTROL	<1
10.3		Rimozione grasso e soffiaggio con aria compressa	panno carta pistola aria compressa	4
10.4	!	Smontare i fissaggi del banco, rimuovere il pannello antistante e raccogliere i componenti accumulatisi.	giravite	5
10.5		Rimozione grasso	panno carta	3
10.6		Rimozione grasso	panno carta	3
10.7		Verificare l'integrità pallina-ago gefran + asta di misurazione tolleranza	VISUAL CONTROL	<1
020		Inserimento cremagliera & Run - in		
20.1		Rimozione della sporcizia	panno carta	3
20.2		Verficare che segni 70 bar	VISUAL CONTROL	<1
20.3		Controllare il corretto serraggio della battuta punto P		<1
20.4		Controllare eventuali perdite di grasso	VISUAL CONTROL	<1
20.5		Rivuovere lo sporco	diluente panno carta	3
20.6		Verificare il corretto funzionamento dell'aspiratore fisso e eventualmente provvedere al suo svuotamento		2
20.7		Verificare che siano presenti gli appositi attrezzi per il cambio tipo	VISUAL CONTROL	2
20.8		Controllare che la lubrificazione della lunetta avvenga correttament	VISUAL CONTROL	<1
20.9		Verificare il livello dell'olio: se al di sotto della metà del contenitore effettuare rabbocco	VISUAL CONTROL	<1
20.10				2
20.11			VISUAL CONTROL	<1
20.12		Sostituire l'o-ring		2
030		Spessoramento		
30.1		Rimozione loctite	diluente utensile affilato	3
30.2		Rimozione loctite	diluente panno carta	3
30.3		Rimozione loctite	diluente panno carta	3
30.4		Controllare livello di loctite e rabbocco di un vasetto loctite	VISUAL CONTROL	4
30.5		Rimozione sporcizia	diluente panno carta	3
30.6		Rimozione sporcizia	diluente panno carta	3
30.7		Verificare lo stato d'integrità dell'o-ring gotto ghiera lunetta	VISUAL CONTROL	<1

Figura 4.29 - Istruzioni operative.

Si osserva come ogni istruzione sia identificata tramite un codice che la collega all'attività TPM cui fa riferimento.

4.3.3.1.3 Schemi visivi

Durante l'esecuzione del progetto TPM e relativa realizzazione della documentazione sono emerse una serie di considerazioni ed osservazioni che hanno portato alla necessità di predisporre degli schemi visivi per ogni linea di assemblaggio che illustrassero i punti d' intervento.

Scopo di queste mappe è di prevedere una visualizzazione grafica degli elementi oggetto delle attività in modo da poter essere individuati dall'operatore immediatamente senza incertezze, facilitando così l'esecuzione del giro d'ispezione autonoma.

Di seguito viene proposto lo schema visivo relativo alla linea E0 del reparto Guide Meccaniche.

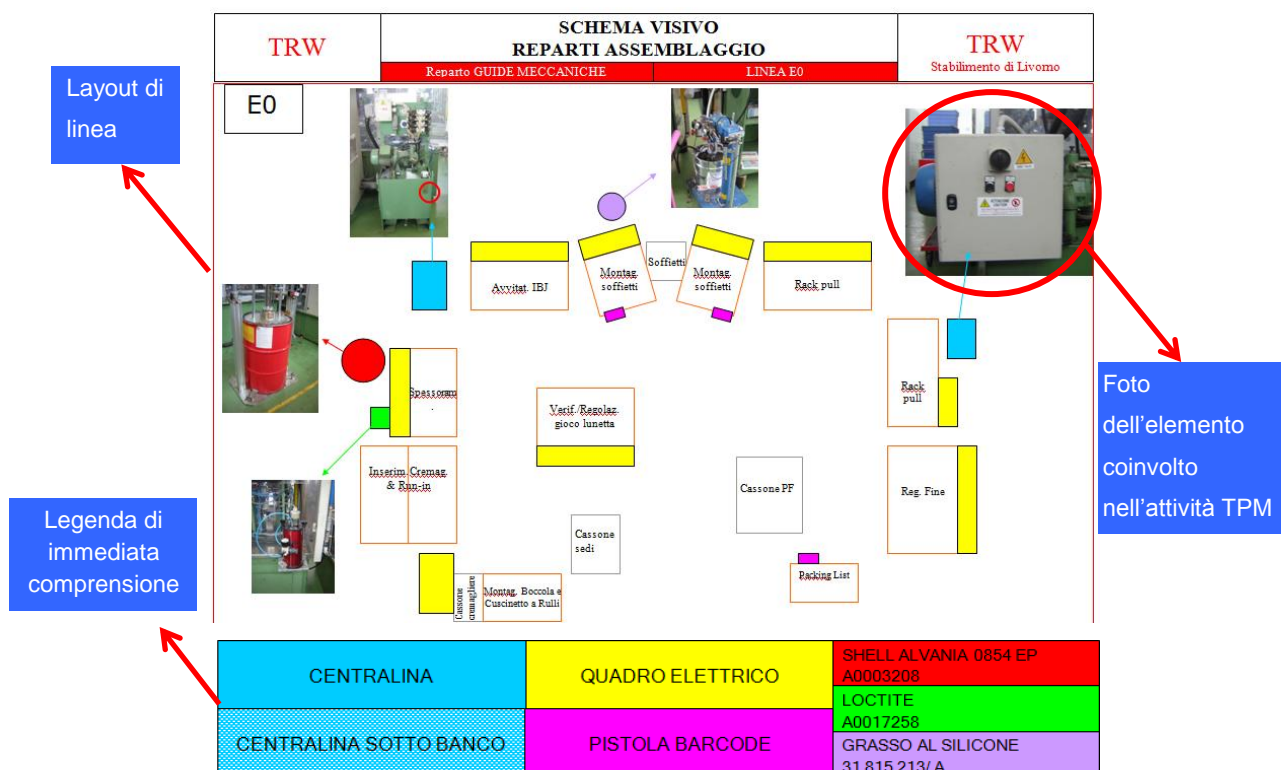



Figura 4.30 Schema visivo relativo alla linea E0.

Come si osserva, lo schema visivo rappresenta il layout della linea di riferimento mettendo in evidenza la collocazione degli elementi oggetto delle attività di manutenzione autonoma:

- centraline idrauliche,
- lettori barcode,

- quadri elettrici,
- sistemi di distribuzione del grasso.

4.3.3.1.4 Calendario interventi

Per consentire al responsabile di reparto di stabilire quali operazioni fare e quando effettuarle è stato realizzato un calendario attività (*Figura 4.31*), che permette inoltre di rendere facilmente visualizzabile la loro collocazione temporale.

Nella definizione dello scheduling delle attività TPM, si è proceduto come segue:

1. sono state raggruppate le attività in funzione della frequenza,
2. le attività sono state ripartite nei diversi giorni del mese su due dei tre turni giornalieri, quello di mattina e quello di pomeriggio, per evitare sovraccarico di lavoro sul turno di notte.

TRW

CALENDARIO DELLE ATTIVITA' DI TPM DEL REPARTO ASSEMBLAGGI

REPARTO GUIDE MECCANICHE

TRW Stabilimento di Livorno

Mese / Anno	LINEA E0						LINEA E1						LINEA E2						LINEA E3						LINEA E4						LINEA E5					
Giorno	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Lun	x																								x						x					
Mar							x						x						x																	
Mer		x																								x						x				
Giov								x						x						x																
Ven			x		x				x		x																						x		x	
Sab																																				
Dom																																				
Lun	x																								x						x					
Mar							x						x						x																	
Mer		x																								x						x				
Giov								x						x						x																
Ven															x		x				x		x				x		x							
Sab																																				
Dom																																				
Lun	x																								x						x					
Mar							x						x						x																	
Mer		x																								x						x				
Giov								x						x						x																
Ven				x						x																								x		
Sab																																				
Dom																																				
Lun	x																								x						x					
Mar							x						x						x																	
Mer		x																								x						x				
Giov								x						x						x																
Ven																x						x						x								
Sab																																				
Dom																																				
Lun	x																								x						x					
Mar							x						x						x																	
Mer		x																								x						x				
Giov								x						x						x																
Ven																																				

LEGENDA

2 volte a settimana | 2 volte al mese | 1 volta al mese

Figura 4.31 - Calendario delle attività TPM.

Come si evince dalla figura, si è deciso di svolgere

- le attività "gialle" (due volte a settimana) delle linee E0, E4 e E5, ogni lunedì e mercoledì da parte rispettivamente del 1° e 2° turno;
- le attività "gialle" delle linee E1, E2 e E3, ogni martedì (1° turno) e ogni giovedì (2° turno);
- le attività "verdi" (una volta ogni due settimane) delle linee E0, E1 e E5 il venerdì della prima (1° turno) e terza settimana (2° turno) del mese;
- le attività "verdi" delle linee E2, E3 e E4 il venerdì della seconda (1° turno) e quarta settimana (2° turno) del mese;
- le attività "blu" (una volta al mese) delle linee E0, E1 e E5 il venerdì della prima settimana (1° turno);
- le attività "blu" delle linee E2, E3 e E4 il venerdì della seconda settimana (1° turno).

In questo modo si è cercato una distribuzione che non provocasse eccessivo carico di lavoro al personale di linea.
Il calendario è il documento che è alla base del programma interattivo, spiegato più avanti, attraverso il quale il capoturno visualizza giornalmente gli interventi da effettuare.

4.3.3.2 **Corso di formazione del personale**

L'introduzione dei principi del Total Productive Maintenance all'interno dello stabilimento TRW è avvenuta tramite la realizzazione di un corso di formazione rivolto a coloro che saranno operativamente coinvolti nell'implementazione del TPM, ossia capiturno e attrezzisti.
Infatti, oltre alla progettazione di una procedura che regolamentasse la gestione delle attività di manutenzione autonoma, è stato necessario programmare attività di formazione ed addestramento indirizzate al personale operativo, focalizzate sull'apprendimento delle non conformità delle apparecchiature su cui operano quotidianamente e sullo svolgimento del giro di ispezione autonoma nel reparto produttivo.
Tale attività assume un ruolo chiave in ottica TPM, in quanto uno dei pilastri fondamentali su cui si erge il Total Productive Maintenance è proprio la Formazione: è attraverso infatti il passaggio della conoscenza tecnica e della cultura della manutenzione che si realizza il consolidamento del TPM all'interno di un'azienda e l'integrazione fra produzione e manutenzione.

L’addestramento deve essere un mezzo per incrementare le competenze professionali e creare stimoli e motivazione e per fidelizzare il personale, rendendolo partecipe della missione dell’azienda. Solo personale istruito e motivato può, difatti, mettere in atto in modo efficiente ed efficace le azioni previste dal TPM (*Figura 4.32*).

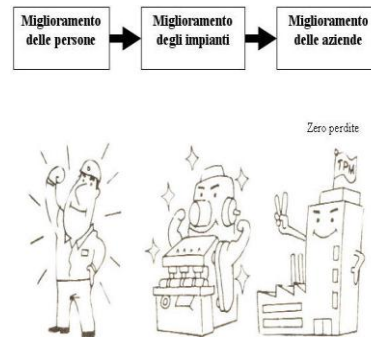



Figura 4.32 - La formazione del personale permette alle aziende di migliorarsi.

Per raggiungere tali obiettivi, è stato sviluppato un corso che sintetizzasse i principi del Total Productive Maintenance e mostrasse loro le motivazioni che hanno portato l'azienda ad implementatre questa metodologia e le attività di manutenzione autonoma. Si è deciso di realizzare una sessione di formazione:

- sintetica (max 30 min per lasciare spazio agli interventi),
- semplice da capire,
- ricca di esempi pratici,
- che evidenzi temi di maggiore interesse,
- che sottolineasse l’importanza del coinvolgimento delle persone e dei loro spunti di miglioramento.

La presentazione illustrata al personale di produzione è stata strutturata come segue:

- Nella prima parte (10 slide) è stato esposto il concetto di Manutenzione Produttiva Totale, qual è il suo significato e i vantaggi che derivano dalla sua implementazione in contesti industriali come quello TRW. Tra i pilastri del TPM è stato dato particolare rilevanza alla manutenzione autonoma e quindi spiegato in cosa consiste, le finalità e sottolineata l'importanza del contributo e della partecipazione degli operatori.
- La seconda parte (8 slide) ha compreso una serie di esempi presi dalle linee produttive che mostrano le anomalie attualmente presenti sulle macchine e quali azioni bisognerebbe adottare nell'ottica TPM per eliminare tali non conformità.

- Nella terza parte (8 slide) sono stati descritti nel dettaglio tutti gli strumenti che dovranno essere utilizzati nell'applicazione delle tecniche di manutenzione autonoma, e come compilare la documentazione relativa.
- L'ultima parte è stata riservata alle domande e agli interventi da parte del personale. La maggior perplessità avanzata ha riguardato quando svolgere le operazioni di auto-manutenzione. Si è reso quindi necessario definire uno lasso di tempo, nell'arco delle sette ore produttive, da dedicare alle attività TPM.

Attraverso il corso formazione del personale si sono voluti perseguire due effetti:

- da un lato è stata fatta formazione ai capi turno e ai Team Leader, entrando nel dettaglio delle problematiche che affliggono le diverse tipologie di macchine, ed illustrando quali sono le anomalie presenti che potrebbero provocare guasti più rilevanti e come agire per eliminarle;
- dall'altro, è stato possibile capire la reazione del personale a questa nuova attività, qual è il suo interesse, quali sono le sue perplessità, per trovare elementi di coinvolgimento e motivazione. Inoltre l'obiettivo del corso è anche quello di ottenere importanti suggerimenti utili per lo sviluppo del progetto ed il perfezionamento delle attività TPM previste all'interno dello stabilimento.

4.3.3.3 **Programma interattivo degli interventi giornalieri**

Durante la ricerca di quali potessero essere gli strumenti necessari per implementare in maniera corretta e completa le tecniche di manutenzione autonoma, si è messa in luce la necessità di convertire questi elementi in formato elettronico. Infatti l'informatizzazione ha il vantaggio di semplificare e velocizzare molte delle attività previste nel progetto TPM: dalla compilazione delle Check List alla valutazione dei risultati in termini di impegno e coinvolgimento del personale operativo, alla verifica dei risultati relativi alla produttività e efficienza operative delle macchine. L'obiettivo è il passaggio graduale dal cartaceo all'informatico, cominciando dal Calendario interventi per poi, negli step successivi del progetto TPM, estenderlo agli altri strumenti.

A tale scopo è stato preparato un'applicazione interattiva basata sul software Access. Tale programma acquisisce in input i dati dal file, in formato Excel, del Calendario interventi, che viene aggiornato mensilmente dal responsabile del reparto; questi dati vengono quindi elaborati.

Per garantirne la corretta gestione, al momento dell'apertura, il programma richiede una password nota al responsabile di reparto, ma sconosciuta al capiturno e team leader.
Nel momento in cui il personale di linea avvia il programma, compare la finestra "Gestione TPM", attraverso cui il capoturno può accedere alla schermata riportata di seguito.

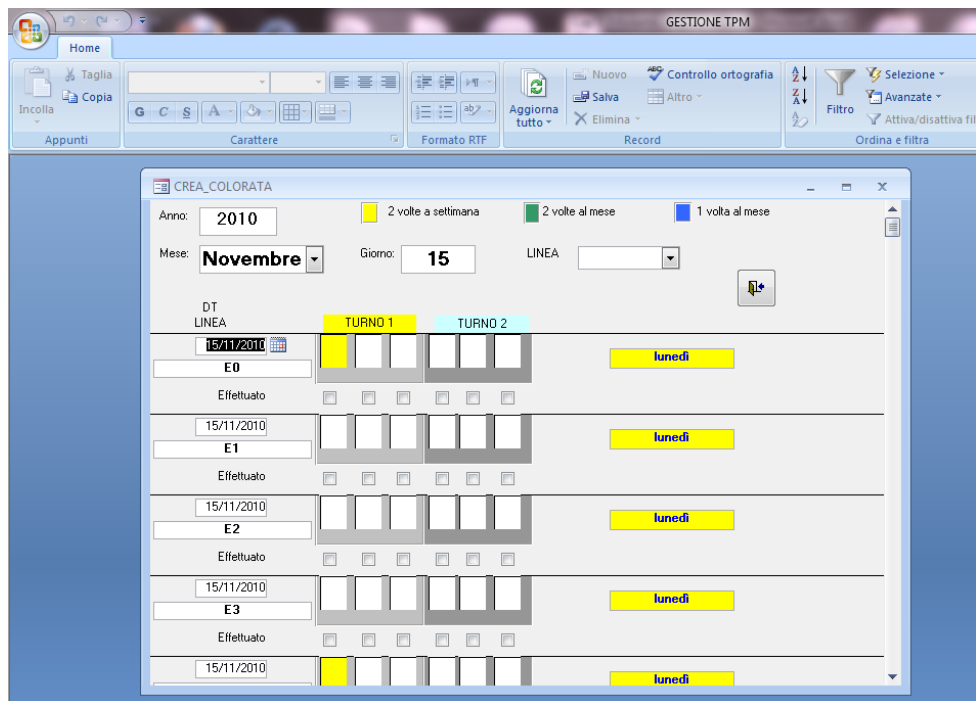



Figura 4.33 - Schermata del Programma interattivo TPM con le attività da svolgere.

Selezionando l'anno, il mese, il giorno e la linea di riferimento dal menù a tendina, il capo turno avrà una chiara visione della tipologia di attività – gialle, verdi o blu - che dovranno essere effettuate nella data prescelta, tramite la colorazione delle caselle. Dopo che le attività di manutenzione sono state svolte, egli dovrà indicare l'avvenuta esecuzione dell'intervento (*Figura 4.34*).

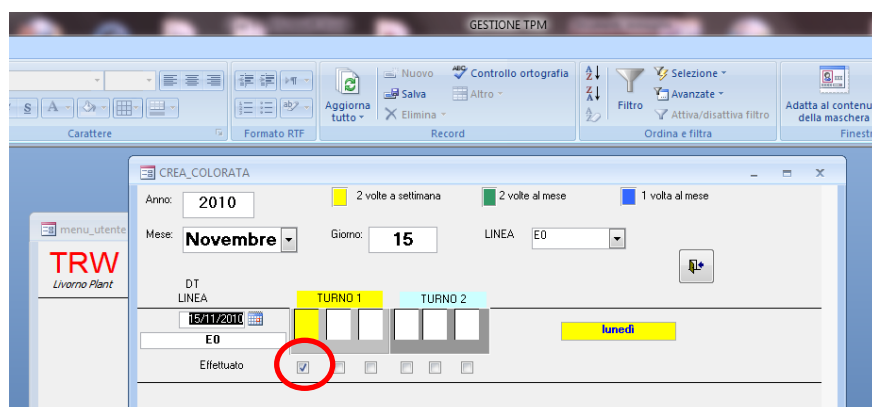



Figura 4.34 Schermata del programma interattivo TPM con la spunta sull''attività svolta.

Il responsabile del reparto, dal canto suo, dopo aver dato il comando di elaborazione dati, avrà come feedback un quadro completo di ciò che è stato fatto e ciò che non è stato fatto. Infatti in output il programma fornisce un report minuzioso delle attività svolte (*Figura 4.35*) e un diagramma a torta che permette di visualizzare immediatamente la percentuale delle attività effettivamente eseguite rispetto quelle pianificate (*Figura 4.36*).

TRW Livorno Plant

Riepilogo TPM

anno: 2010 mese: 6

Giorno	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Totale
linea 80																																
Previsti		1		2			1		1					1		1		1			1		1					1		1	0	12
Effettuati		0		2			0		0					0		0		0			0		0					0		0	0	2
linea 81																																
Previsti	1		1	2				1		1					1		1	1				1		1					1		0	12
Effettuati	1		0	0				0		0					0		0	0				0		0					0		0	1
linea 82																																
Previsti	1		1					1		1	2				1		1					1		1	1				1		0	12
Effettuati	0		0					0		0	2				0		0					0		0	0				0		0	2
linea 83																																
Previsti	1		1					1		1	2				1		1					1		1	1				1		0	12
Effettuati	0		0					0		0	2				0		0					0		0	0				0		0	2
linea 84																																
Previsti		1					1		1		2			1		1					1		1		1			1		1	0	12
Effettuati		0					0		0		2			0		0					0		0		0			0		0	0	2
linea 85																																
Previsti		1		2			1		1					1		1		1			1		1					1		1	0	12
Effettuati		0		2			0		0					0		0		0			0		0					0		0	0	2
Previsti	3	3	3	6			3	3	3	3	6			3	3	3	3	3			3	3	3	3	3			3	3	3	0	72
Effettuati	1	0	0	4			0	0	0	0	6			0	0	0	0	0			0	0	0	0	0			0	0	0	0	11
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	

Figura 4. 35 - Report delle attività svolte fornito da programma interattivo TPM.

Figura 4.36 - Diagramma a torta delle attività svolte fornito da programma interattivo TPM.

4.3.4 **Predisposizione della Postazione TPM**

L'ultima attività che si è resa necessaria a seguito dell'implementazione dell'auto-manutenzione è stata la predisposizione della Postazione TPM.
Così come per tutte le iniziative svolte all'interno dello stabilimento in ottica Lean Production, anche per il TPM è stato deciso di mettere a disposizione uno spazio in cui poter metter in evidenza il progetto portato avanti, i risultati raggiunti e gli obiettivi futuri perseguibili.
Il banco che ne scaturisce risulta essere un'efficace strumento per trasmettere la volontà e l'impegno della direzione nell'introduzione e nello sviluppo del Total Productive Maintenance all'interno dello stabilimento; tale aspetto è un altro dei pilastri su cui si erge il TPM: senza un impegno evidente ed attivo della direzione, risulta difficile introdurre all'interno di una realtà produttiva complessa come quella in esame le metodologie previste dal piano di implementazione del TPM.
Inoltre, la predisposizione di tutta la documentazione e le metodologie realizzate a supporto della manutenzione autonoma e la loro collocazione sulla postazione TPM, facilita la trasmissione e la diffusione di questa filosofia all'interno dell'azienda.
Per di più nel caso specifico, oltre ad essere uno strumento per la divulgazione dell'iniziativa intrapresa in ottica TPM all'interno dello stabilimento, la postazione TPM è stata progettata anche come punto di raccolta degli strumenti di auto-manutenzione, di compilazione delle Check List, di segnalazione delle anomalie e delle eventuali proposte di miglioramento inerenti le macchine e le linee produttive.
In ragione di ciò ed in funzione del passaggio di informazione che deve garantire, è stato quindi deciso di localizzare tale banco in un punto centrale e strategico all'interno dello stabilimento, ovvero all'esterno degli uffici del capo area e del responsabile di produzione lungo le linee di assemblaggio, al centro, quindi, dell'area produttiva accessibile a tutti gli operatori di produzione e di manutenzione.
Di seguito è riportata un'immagine della postazione TPM che è stata realizzata all'interno dello stabilimento TRW di Livorno.

Figura 4.37 - Postazione TPM presente nel reparto Assemblaggi Guide Meccaniche.

Con tale attività è stato ufficialmente chiuso il TPM nel reparto Guide Meccaniche e sono state avviate tutte le attività necessarie al consolidamento dei risultati raggiunti, ed alla realizzazione degli strumenti necessari per l'implementazione e lo sviluppo del Total Productive Maintenance all'interno di tutta l'azienda.

Capitolo 5: Analisi dei risultati

5.1 **Risultati del progetto TPM**

A una settimana di distanza dall'attuazione del progetto TPM e dall'implementazione della Manutenzione Autonoma nel reparto Assemblaggi Guide Meccaniche, è stata convocata una riunione a cui hanno partecipato tutti coloro che hanno preso parte attivamente allo svolgimento dei lavori, il responsabile degli Assemblaggi , il responsabile del reparto Guide Meccaniche e il Capo Area. In tale sede sono stati illustrati i risultati raggiunti con lo svolgimento del progetto e le attività successive da avviare per consolidare quanto fatto ed intraprendere un percorso teso all'implementazione della manutenzione autonoma in tutti i reparti presenti all'interno dello stabilimento.

L'evidenza dei vantaggi derivanti dall'applicazione delle tecniche della Manutenzione Autonoma in termini di incremento di produttività si ha dopo 6-12 mesi. In quanto segue vengono mostrati:

- risultati di breve periodo
- risultati attesi di medio- lungo periodo.

5.1.1 **Risultati di breve periodo**

L'analisi dei risultati raggiunti nel breve periodo è stata condotta tramite le Schede di Valutazione, i documenti che permettono di stimare le condizioni delle macchine prima e dopo l'implementazione del TPM, e mettere quindi in evidenza i miglioramenti che tale metodologia apporta già nel breve periodo.

Prima di avviare il progetto TPM è stato, infatti, necessario predisporre una Scheda di Valutazione che permettesse ai partecipanti ai lavori di esprimere un giudizio sulle condizioni generali in cui si trovavano i macchinari e la linea nel suo complesso, prima dall'avvio delle attività e la situazione che invece si è venuta a creare a seguito dei lavori svolti.

Tale scheda è stata progettata sulla base dei principali aspetti da controllare relativamente agli impianti elettrici, idraulici, pneumatici ed agli elementi strutturali che caratterizzano la linea. Ciascun elemento è stato analizzato nell'intento di evidenziare quali sono le cause e gli elementi che ne determinano il deterioramento accelerato (o forzato), ed il conseguente verificarsi di anomalie e successivamente di guasti.

Uno dei primi obiettivi del Total Productive Maintenance, come visto al capitolo 3, è infatti quello di rimuovere le cause di deterioramento forzato e di ripristinare le normali condizioni d'uso della macchina. Di conseguenza i criteri sulla base dei quali sarebbe dovuto essere espresso un giudizio in merito al sistema analizzato da parte del team TPM, sono stati progettati tenendo conto delle maggiori evidenze di deterioramento degli impianti, quali ad esempio la pulizia, la presenza di perdite, il danneggiamento di componenti, il serraggio delle viti e dei bulloni, la corretta disposizione degli strumenti, i livelli dell'olio sui diversi macchinari, ecc..

Lo stato iniziale delle macchine è stato registrato sulla Scheda di Valutazione della Linea all'avvio del progetto TPM da parte del personale di linea che si trova a diretto contatto con gli impianti.

In particolare, per ogni parte associata a ciascuna categoria è stato espresso un giudizio da 1 a 5 in riferimento alla situazione in cui essa si trovava ed al criterio che meglio la descriveva. Successivamente è stata calcolata la media % delle valutazioni espresse su ciascuna parte [ΣValutazioni/(n° delle Valutazioni*5)]*100, ottenendo un risultato percentuale pari al 58.2%.

Analogamente, dopo una settimana dall'inizio del progetto TPM, è stata completata la Scheda di Valutazione inserendo i dati sulla base dei risultati riscontrati e le opportunità di miglioramento. Si è potuto in questo modo riscontrare il raggiungimento del valore percentuale del 74.6%. La Scheda di Valutazione è riportata di seguito.

SCHEDE DI VALUTAZIONE TPM		TRW Stabilimento di Livorno
REPARTO GUIDE MECCANICHE	LINEA E0	

Valutazione

Categoria	Articolo	*Valutazione: 0 (Scarso) - 5 (Sala Chirurgica)*	Prima	Dopo
Macchinari principali	1	Il macchinario è libero da sporco, polvere, eccesso di olio, trucioli e componenti vari	1	3
	2	Tutti i dadi, bulloni e dispositivi di fissaggio sono serrati	5	5
	3	Tutto quanto fissato al macchinario è adoperabile e funzionante	2	3
	4	Tutte le coperture e i pannelli di accesso sono sicuri e tutte le barriere di sicurezza funzionanti	5	5
	5	Motori principali e pompe sono puliti ed hanno filtri	2	3
Elettrico	6	Tutti i cablaggi sono propriamente protetti e le connessioni sono buone	4	4
	7	Gli interrruttori, i display e i contatori sono puliti, etichettati e funzionanti	3	4
	8	I quadri di comando sono puliti e le luci di indicazione funzionanti	3	4
Lubrificazione	9	Le linee per i lubrificanti e i refrigeranti hanno etichette e non ci sono perdite	2	4
	10	L'impianto per il grasso è pulito e visibile	3	4
	11	Gli indicatori della pressione sono etichettati e funzionanti	3	4
Posto di lavoro	12	Tutti i componenti per la sicurezza sono puliti, in posizione e funzionanti	5	5
	13	Non ci sono oggetti che intralciano il camminamento o fessure sul pavimento	4	5
	14	Il banco di lavoro dell'operatore non è ingombro di utensili e fogli	3	4
	15	L'area di lavoro è pulita, spazzata e definita	2	4
	16	Gli strumenti per pulire sono etichettati e posizionati vicino	2	4
	17	Le attrezzature sono accuratamente organizzate e etichettate	3	4
	18	L'illuminazione generale è buona	4	4
Azioni supplementari	19	C'è un programma giornaliero di pulizia	4	5
	20	Tutte le più importanti informazioni sulle attrezzature sono aggiornate e visibili	4	4

Punteggio

Data: ____________

Matricola: ____________

Reparto: ____________

Somma tutti i 20 articoli = [ ]

Dividi per 20 = [ ]

Art. #	Ragioni per il punteggio basso - Come possiamo migliorare?

Figura 5.1 - Scheda di Valutazione TPM.

Si osserva come i vantaggi di breve periodo fanno principalmente riferimento a:

- maggiore pulizia,
- miglioramento del posto di lavoro,
- più ordine,
- fermate meno frequenti.

Tali risultati sono stati documentati dalle foto di seguito illustrate.

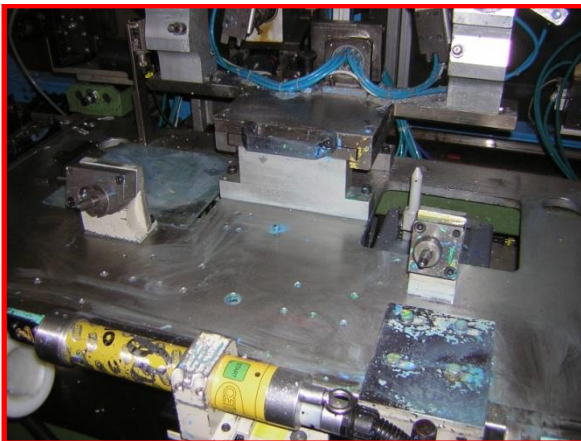
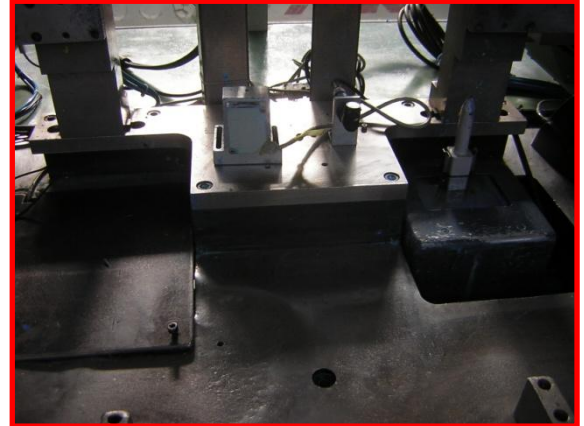
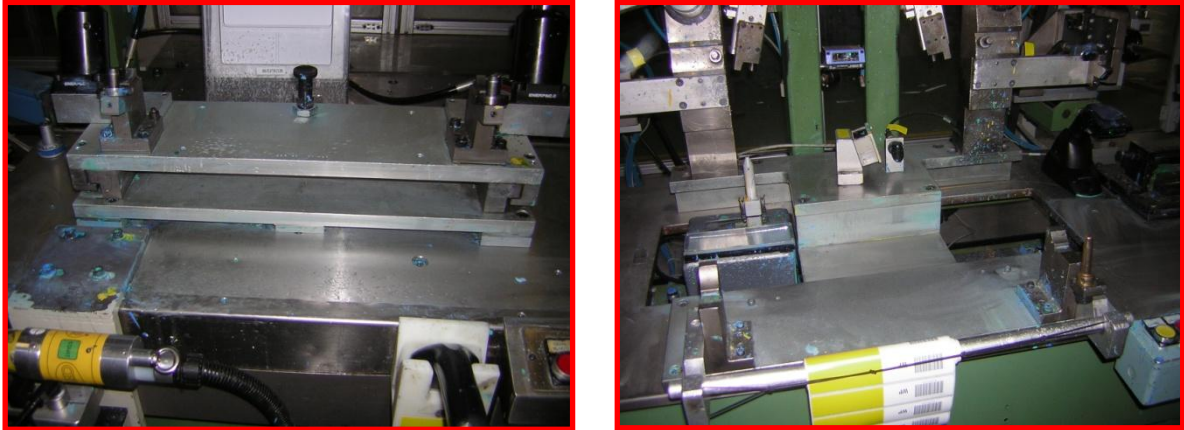



Figura 5.2 - Foto del reparto dopo l'implementazione delle attività TPM.

Per quanto riguarda la reazione del personale al progetto TPM si è potuto osservare un atteggiamento positivo e una crescente partecipazione alle problematiche relative alla manutenzione autonoma. Inoltre capiturno e attrezzisti non hanno avuto difficoltà nel comprendere gli interventi da svolgere sia perché gli strumenti TPM sono stati realizzati tenendo presente le loro esigenze sia per la loro profonda conoscenza delle macchine.

5.1.2 **Risultati di medio - lungo periodo**

Gli obiettivi attesi dall'implementazione della metodologia TPM nello stabilimento TRW riguardano la riduzione dei guasti con conseguente incremento della disponibilità e quindi del fattore OEE.

Nella realtà però per poter giungere a tali risultati occorre un periodo di tempo adeguato, per dare la possibilità a tale metodologia di consolidarsi. Per queste motivazioni sono state eseguite delle proiezioni dei miglioramenti derivanti dall'applicazione delle tecniche di manutenzione autonoma utilizzando le informazioni provenienti dall'analisi precedentemente eseguita sui dati di indisponibilità delle macchine e quelle fornite dai PO di produzione.

I risultati attesi nel lungo periodo sono:

- l'aumento della produttività,
- l'incremento della disponibilità degli impianti,
- l'incremento dell'OEE.

Di seguito sono riportati banco per banco alcune causali di guasto in prevenzione delle quali è possibile realizzare attività di manutenzione autonoma, per valutare gli effetti in termini di incremento di produttività. La cadenza della linea utilizzata nei calcoli è il tempo di lavoro del

cosiddetto collo di bottiglia, la macchina più lenta, e dipende dalla linea di assemblaggio e dal codice che viene assemblato.

FASE		GUASTO	TEMPO FERMO (minuti)	CADENZA (pz/min)	PEZZI POTENZIALMENTE RECUPERABILI COL TPM (N°)	INCREMENTO DI PRODUTTIVITA' (punti %)
10	Montaggio boccola e cuscinetto a rulli	Pistola barcode non funzionante	15	1.118	13	+4%
10	Montaggio boccola e cuscinetto a rulli	Sensore presenza boccola non funzionante	30	0.826	36	+7%
20	Inserimento Cremagliera & Run-in	Cade la ghiera durante il ciclo produttivo	30	0.826	36	+7%
20	Inserimento Cremagliera & Run-in	Erogazione non ottimale grasso → riduzione qualitativo / funzionale della guida	20	1.273	15	+5%
20	Inserimento Cremagliera &	Fotocellula presenza lunetta non funzionante	30	1.118	24	+7%

	Run-in					
30	Spessoramento	Pompa loctite guasta	45	0.828	54	+11%
30	Spessoramento	Assenza loctite	15	0.826	18	+4%
30	Spessoramento	Mancata cianfrinatura	30	0.826	36	+7%
40	Avvitatura inner	Sensore presenza distanziale non funzionante	40	1.055	38	+10%
40	Avvitatura inner	Non avviene il corretto serraggio dei tiranti	60	0.826	72	+14%
50	Verifica / Regolazione gioco lunetta	Sonda bloccata	20	1.055	19	+5%
70	Rack-Pull	Stampante non funzionante	25	1.055	24	+6%

70	Rack-Pull	Non corretto serraggio della guida	20	0.935	21	+5%
90	Regolazione fine	Micropuntinatrice non funzionante	15	0.826	18	4%
90	Regolazione fine	Misura errata della distanza soffietto-OBJ	30	1.118	27	7%

Tabella 5.1 - Esempi di potenziale incremento di produttività a seguito dell'implementazione della mmanutenzione autonoma.

Per quanto riguarda la valutazione del potenziale incremento dei valori della disponibilità e di conseguenza dell'OEE, si sono presi come riferimento i risultati raggiunti dalla linea E0 nel luglio 2010, dimostratosi uno dei mesi più critici. La scelta della linea scaturisce dalla considerazione che la disponibilità degli impianti sulla E0 è maggiormente influenzata da messe a punto e guasti, diversamente dalle altre linee, caratterizzate soprattutto da perdite dovute a cambio tipo e problemi qualitativi.

Il primo passo dell'analisi è consistito quindi nell'esaminare i risultati effettivamente raggiunti riportati sui report di efficienza. Come si è visto la disponibilità è data da:

$$\frac{\text{Minuti di produzione effettiva}}{\text{Minuti disponibili}}$$

dove:

Minuti disponibili = (420 × N° turni totale del mese) min = (420 × 39) = 16˙380 min,

Nel mese di luglio sulla linea E0 i minuti in cui si è effettivamente lavorato sono stati 15˙255, registrando perdite per 1125 minuti, la cui distribuzione è rappresentata in figura 5.3.

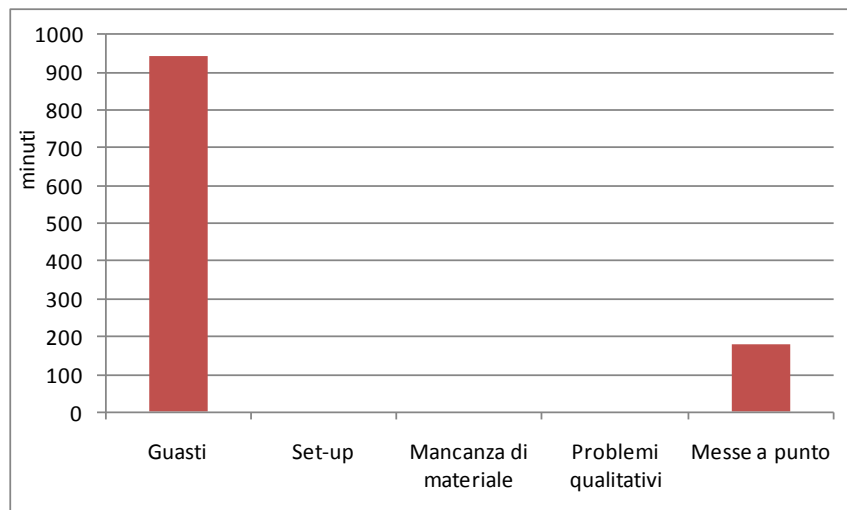



Figura 5.3 - Distribuzione delle cause di perdita sulla linea E0 nel luglio 2010.

La disponibilità rilevata è stata pari al 93.1%.

A questo punto è stato possibile calcolare l'incremento del parametro della disponibilità ottenibile applicando le attività della manutenzione autonoma.

Analizzando le cause all'origine dei guasti e messe a punto dai consuntivi di produzione si è potuto ipotizzare che con gli interventi TPM si possono evitare presumibilmente il 44% ca. delle fermate, ottenendo un incremento di 500 minuti effettivamente lavorati. Se:

Minuti di produzione effettiva = Minuti disponibili – Minuti totali di perdita

Otteniamo, con le attività di auto-manutenzione:

Minuti di produzione effettiva *[2] = Minuti di produzione effettiva + Minuti di fermo evitati col TPM = (15˙255 + 500) min = 15˙755 min

Da cui:

$$\text{Disponibilità * } = \frac{\text{Minuti di produzione effettiva*}}{\text{Minuti disponibili}} = \frac{15\dot{}755}{16\dot{}380} = 96.2\ \%$$

con un incremento di 3.1 punti percentuali.

Calcolato il valore previsto della disponibilità è possibile infine stimare il miglioramento di performance in termini di OEE. Difatti, se

OEE= Disponibilità × Performance × Qualità

e vale:

Disponibilità* = 96.2%

Performance = 80.4%

Qualità = 91.6%

si ottiene un valore potenziale dell'OEE del 70.8%, rispetto al valore iniziale del 68.6%

Al termine di questa analisi è stato quindi possibile stimare un incremento della disponibilità degli impianti del 3.3%, con conseguente aumento dell'OEE, la grandezza più significativa e oggetto di controllo della capacità di gestione aziendale, del 3.2%.

Le proiezioni eseguite mostrano i vantaggi che apporta l'implementazione della manutenzione autonoma nel lungo periodo, confermando l'importanza della metodologia TPM nelle realtà industriali.

---

[2] L' asterisco in apice indica i valori che si ottengono dopo l'implementazione delle attività TPM.

Conclusioni

Attraverso la realizzazione del progetto TPM sono stati introdotti all'interno della TRW Automotive Italia alcuni dei principi e delle metodologie del Total Productive Maintenance allo scopo di realizzare l'effettiva integrazione tra manutenzione e produzione.
L'implementazione della manutenzione autonoma sulle linee di assemblaggio dei sistemi sterzanti ha avuto l'obiettivo di far acquisire maggiore consapevolezza da parte degli operatori di linea circa la rilevanza del loro ruolo in azienda non solo in termini produttivi, ma anche relativi alla manutenzione. Attraverso il trasferimento di semplici interventi preventivi di manutenzione al conduttore stesso dell'impianto si è potuto prevenire l'insorgere di guasti. Già nel breve periodo si è ottenuto un ambiente di lavoro più pulito, quindi più sicuro, nonché una riduzione delle micro - fermate.
L'introduzione delle tecniche di Manutenzione Autonoma all'interno dello stabilimento ha quindi permesso di effettuare un'analisi approfondita delle maggiori cause di guasto all'interno dello stabilimento, sulla base della quale sviluppare dei piani di manutenzione

autonoma. I piani di manutenzione rispondono alla duplice esigenza di ottenere una maggiore efficienza della manutenzione, sia in termini operativi che economici, ed una riduzione dei fermi macchina a causa di guasti, con conseguente incremento delle performance produttive a livello di stabilimento. In questo ambito è stata quindi delineata una procedura standard di implementazione della Manutenzione autonoma applicabile a tutti i reparti dello stabilimento TRW e non solo.

Nel portare avanti tali attività, le maggiori difficoltà che si sarebbero potute incontrare sono quelle relative al cambiamento che richiede un approccio alla manutenzione di questo tipo nel modo di pensare delle persone. Infatti nella maggior parte dei casi, un nuovo metodo di operare è sentito come un qualcosa di imposto dall'alto di cui non si vede l'utilità, anzi, spesso l'avversione al cambiamento e la mancanza di partecipazione da parte del management fa sì che si creino delle barriere che impediscono l'affermarsi di questa filosofia e che le persone avvertano il tutto esclusivamente come un aggravio del proprio lavoro.

Questa problematica bisogna dire non ha coinvolto particolarmente il personale di linea il quale si è dimostrato aperto e disponibile verso queste nuove attività. Ciò anche per merito del piano di formazione ed addestramento ben strutturato ed organizzato, tale da consentire agli operatori, da un lato di apprendere i concetti chiave del TPM, dall'altro di conoscere le carenze correnti degli impianti e come procedere nell'esecuzione degli interventi.

Inoltre la partecipazione del responsabile degli Assemblaggi, del responsabile di produzione come TPM Coordinator ha dato enfasi alla volontà della direzione di introdurre i principi del TPM all'interno dell'azienda per consolidare la filosofia della Lean Production perseguita a livello di stabilimento.

Una volta introdotte le tecniche dell'auto-manutenzione il passo successivo resta il completamento di alcune attività senza le quali non è possibile ottimizzare la gestione della manutenzione all'interno dello stabilimento. In particolare, nell'immediato futuro sarà necessario:

- Consolidare e mantenere sotto controllo le nuove procedure della manutenzione autonoma.
- Rafforzare il coinvolgimento e la partecipazione del personale operativo alle attività TPM.
- Ottimizzare gli interventi di manutenzione autonoma previsti nella procedura, in base all'esperienza degli operatori stessi.
- Sviluppare il programma interattivo TPM, introducendo la funzione che dà la possibilità al capoturno di indicare come vengono gestite le non conformità.

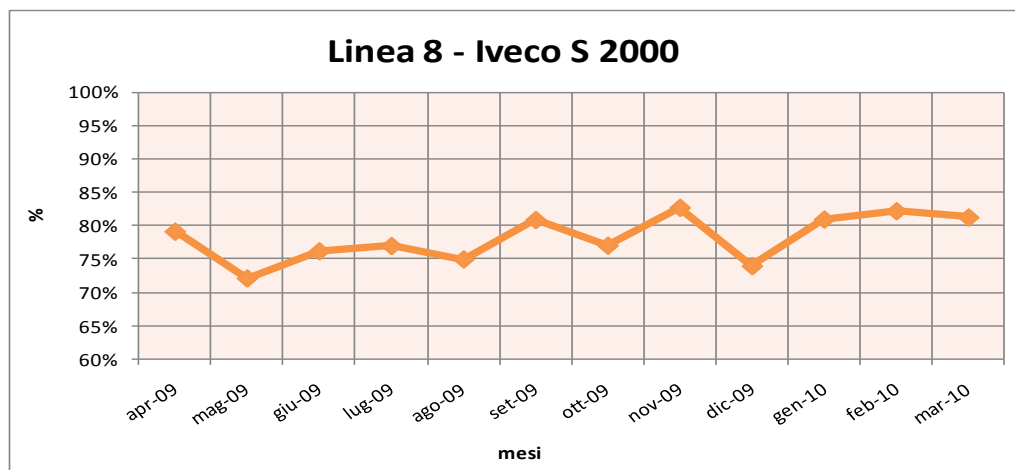
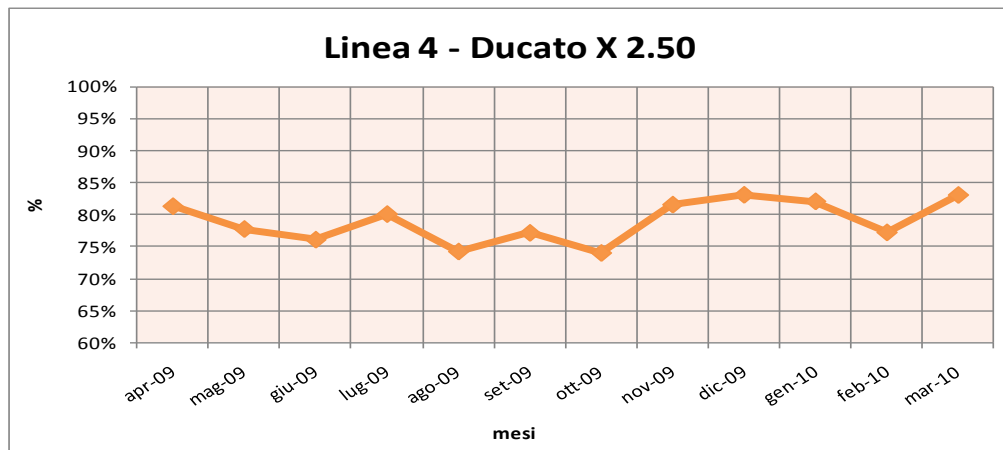
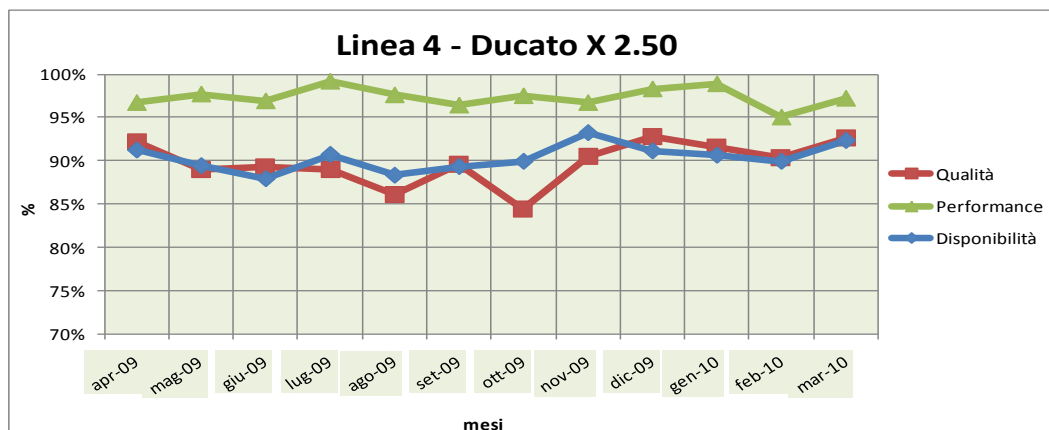
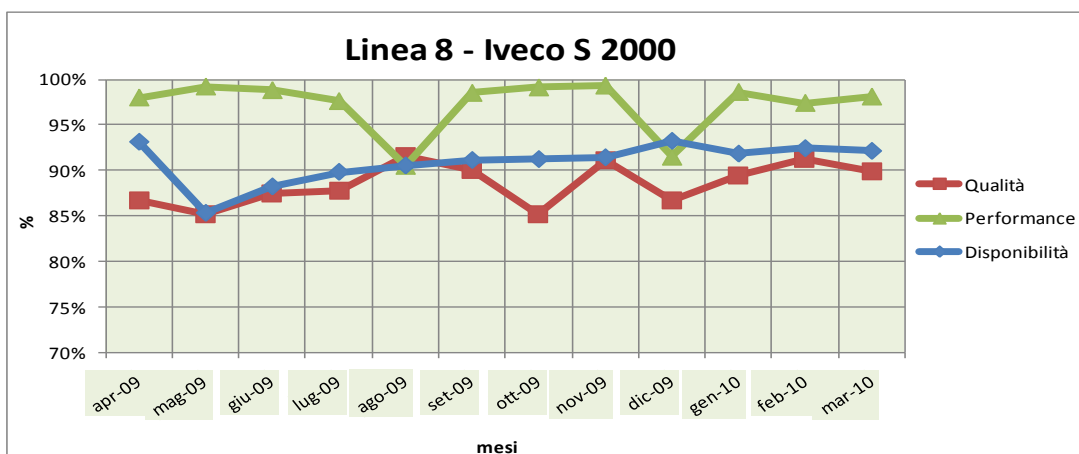
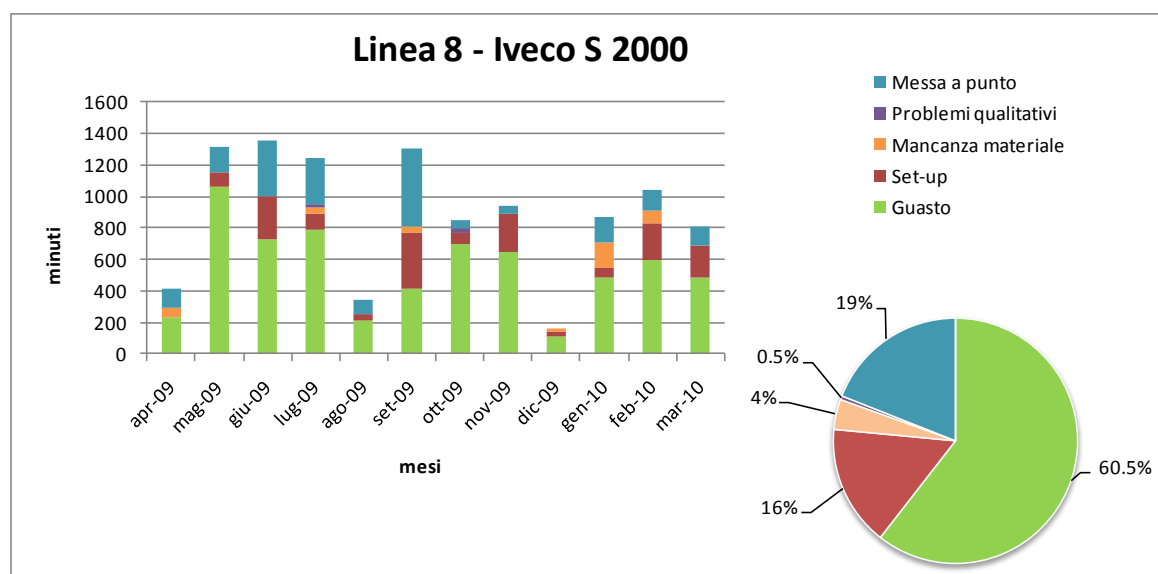
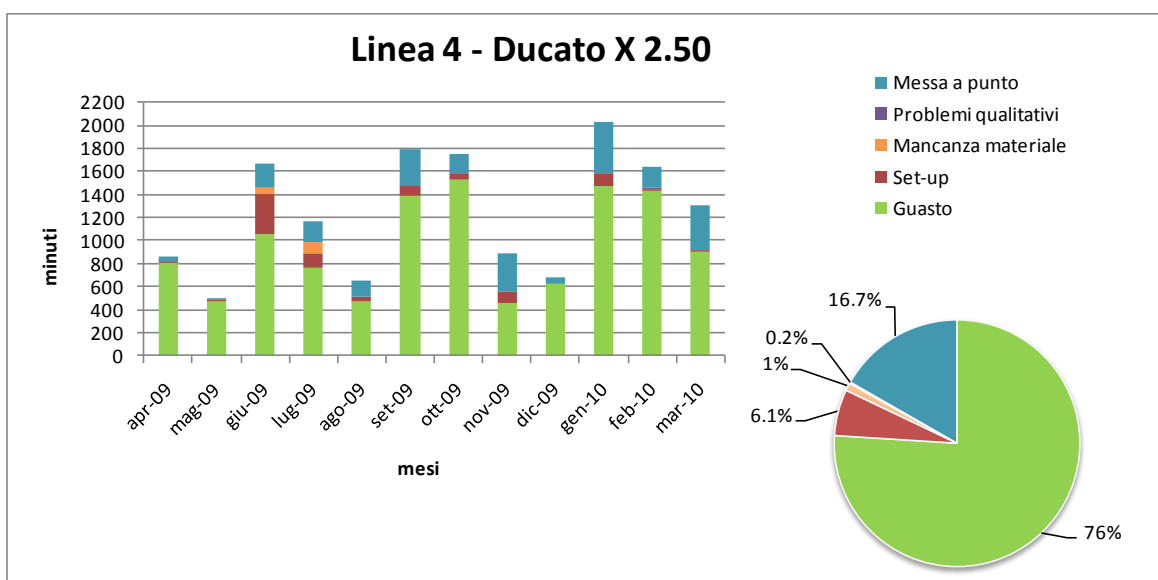
Nel medio lungo termine, se si desidera che la manutenzione garantisca quei benefici che consentono all'azienda di consolidare la propria posizione competitiva all'interno dei mercati internazionali, occorrerà invece:

- Verificare i risultati raggiunti col progetto TPM in termini di riduzione delle fermate e incremento degli indici di disponibilità e OEE delle linee.
- Diffondere i principi e gli strumenti del TPM all'interno di tutto lo stabilimento.
- Consolidare i risultati raggiunti ed intraprendere obiettivi tesi al miglioramento continuo ed alla completa realizzazione della Lean Production all'interno dello stabilimento.

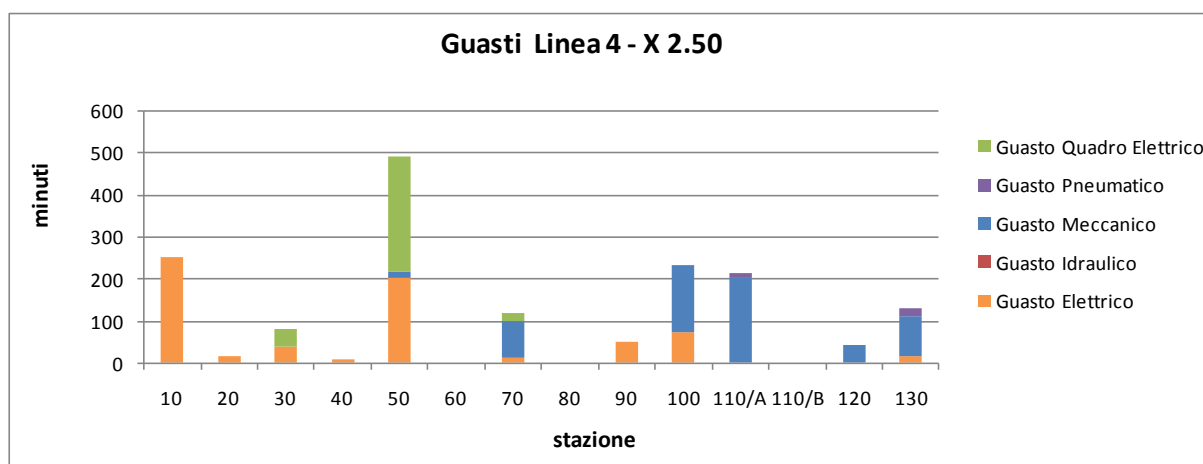
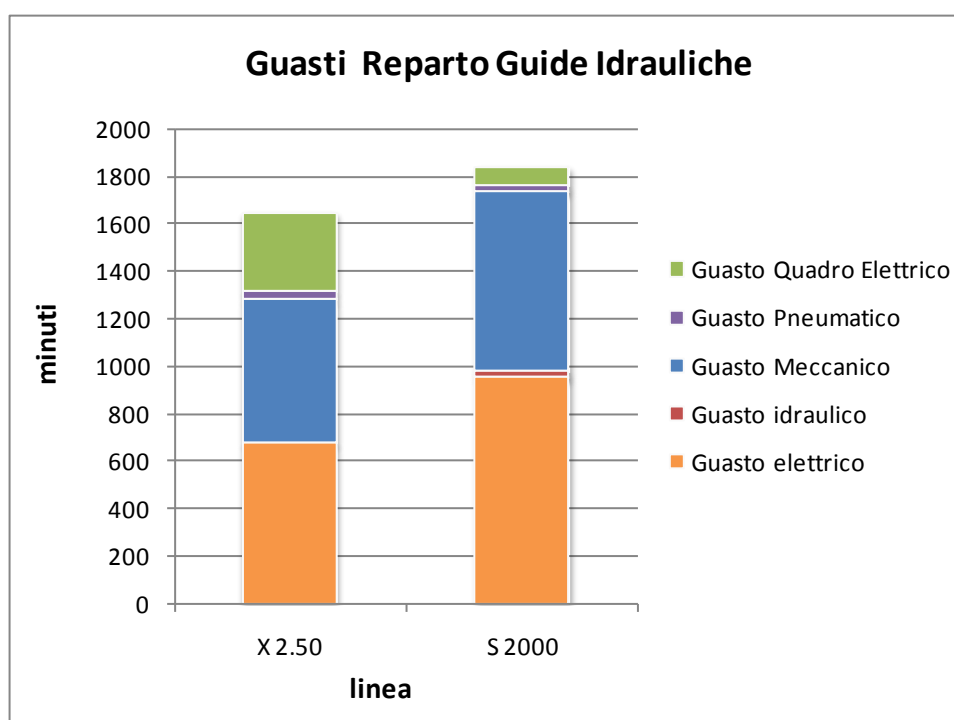
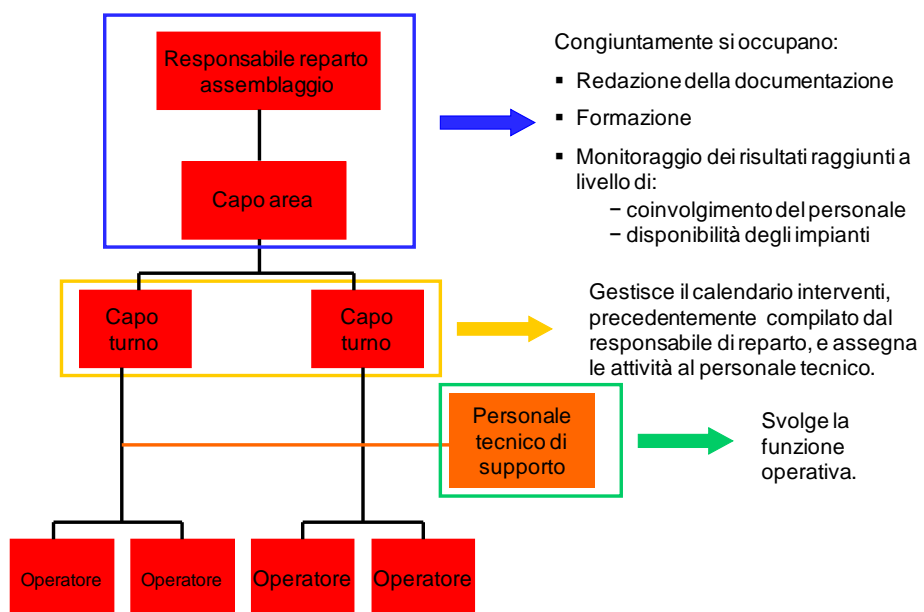
Allegato

Implementazione della manutenzione autonoma nel reparto di assemblaggio Guide idrauliche: Linea 4 - DUCATO X2.50 e Linea 8 - IVECO S2000.

Analisi dello stato attuale dell'efficienza produttiva

1. Identificazione del trend dell'OEE

2. Identificazione del trend di Disponibilità - Performance - Qualità

3. Analisi delle 5 principali cause di perdita

4. Diagnosi dei guasti

Guasti	Azioni correttive	Durata (min)
Stazione 10 - Montaggio componenti su sede		
▪ sistema montaggio cuscinetto non funzionante	▪ sostituzione pistone	120
▪ sensore non legge le etichette	▪ sostituzione sensore	60
▪ ingrassaggio della boccola insufficiente	▪ riempito serbatoio grasso	120
▪ sensore boccola guasto	▪ messa a punto sensore	25
Stazione 20 - Lavaggio e Calettamento tubo		
▪ sistema bloccaggio sede rotto	▪ sostituzione pistone di bloccaggio	60
Stazione 30 – Montaggio tubetti		
▪ sensore presenza pezzo non funzionante	▪ riparazione sensore	40
Stazione 40 – Lavaggio e inserimento cremagliera		
▪ sensore presenza pezzo non funzionante	▪ riparazione sensore	15
Stazione 50 - Montaggio valvola		
▪ sensore presenza pezzo non funzionante	▪ riparazione sensore	20
▪ sonda quota seeger rotta	▪ sostituzione e regolazione sonda	125
▪ sistema avvitatura dado bloccato	▪ riparazione	30
▪ sistema montaggio tappo valvola non funzionante	▪ sostituito pistone	70
▪ sensore presenza seeger non funzionante	▪ sostituzione sensore	60
▪ cella di carico bloccata	▪ regolazione cella di carico	20
Stazione 70 – Run - in		
▪ sensore non funzionante	▪ sostituzione e regolazione sensore	35
Stazione 90 – Avvitatura IBJ		
▪ non corretto serraggio dei tiranti	▪ sostituite gabbie tiranti i relativi rullini	25
▪ cianfrinatura non eseguita per cianfrino rotto	▪ sostituito cianfrino	45
Stazione 100 – Montaggio soffietti		
▪ barriere non funzionanti	▪ riparazione barriere	30
▪ pistola oetiker non funzionante	▪ cambiata pistola oetiker	35

Stazione 110 – Rack Pull ▪ cella di carico bloccata	▪ regolazione cella di carico	20
Stazione 120 – Montaggio staffa ▪ non avviene il montaggio dadi ▪ micro presenza staffa non funzionante	▪ sostituito avvitatore dadi ▪ sostituito micro	45 70
Stazione 130 – Regolazione fine ▪ PC in blocco per cavo tranciato ▪ pistola barcode non fnzionante ▪ micropuntinatrice non funzionante ▪ avvitatori dado non partono	▪ sostituzione cavo ▪ sostituzione pistola ▪ sostituzione testina e messa a punto ▪ resettati avvitatori dado	15 60 25 30

Individuazione del personale coinvolto

Documentazione

1. <u>Check List</u>

TRW

ATTIVITA' DI TPM DI I LIVELLO
REPARTI ASSEMBLAGGIO

Reparto GUIDE IDRAULICHE | LINEA 4 - X 2.50

TRW
Stabilimento di Livorno

Mese / anno

2 volte / settimana | 1 volta / 2 settimane | 1 volta al mese

□ Manutenzione △ Ispezione ○ Pulizia

R - ripristino immediato; BM - bolla manutentiva; AC - avvertito capoturno/capoarea

ATTIVITA' DI LINEA																																									
				Data				Data				Data				Data				Data				Data				Data				Data				Data				Data	
		Matr.		Turno		Matr.		Turno		Matr.		Turno		Matr.		Turno		Matr.		Turno		Matr.		Turno		Matr.		Turno		Matr.		Turno		Matr.		Turno		Matr.		Turno	
A.1 Verifica integrità cavo pistola barcode	△	OK		NOK		OK		NOK		OK		NOK		OK		NOK		OK		NOK		OK		NOK		OK		NOK		OK		NOK		OK		NOK		OK		NOK	
		Fase	R	BM	AC	Fase	R	BM	AC	Fase	R	BM	AC	Fase	R	BM	AC	Fase	R	BM	AC	Fase	R	BM	AC	Fase	R	BM	AC	Fase	R	BM	AC	Fase	R	BM	AC	Fase	R	BM	AC
C.1 Chiusura quadri elettrici	□	OK		NOK		OK		NOK		OK		NOK		OK		NOK		OK		NOK		OK		NOK		OK		NOK		OK		NOK		OK		NOK		OK		NOK	
		Fase	R	BM	AC	Fase	R	BM	AC	Fase	R	BM	AC	Fase	R	BM	AC	Fase	R	BM	AC	Fase	R	BM	AC	Fase	R	BM	AC	Fase	R	BM	AC	Fase	R	BM	AC	Fase	R	BM	AC
A.2 Verifica integrità ventola quadri elettrici	△	OK		NOK		OK		NOK		OK		NOK		OK		NOK		OK		NOK		OK		NOK		OK		NOK		OK		NOK		OK		NOK		OK		NOK	
		Fase	R	BM	AC	Fase	R	BM	AC	Fase	R	BM	AC	Fase	R	BM	AC	Fase	R	BM	AC	Fase	R	BM	AC	Fase	R	BM	AC	Fase	R	BM	AC	Fase	R	BM	AC	Fase	R	BM	AC
A.3 Verifica livello del grasso	△	OK		NOK		OK		NOK		OK		NOK		OK		NOK		OK		NOK		OK		NOK		OK		NOK		OK		NOK		OK		NOK		OK		NOK	
		Fase	R	BM	AC	Fase	R	BM	AC	Fase	R	BM	AC	Fase	R	BM	AC	Fase	R	BM	AC	Fase	R	BM	AC	Fase	R	BM	AC	Fase	R	BM	AC	Fase	R	BM	AC	Fase	R	BM	AC

TRW	ATTIVITA' DI TPM DI I LIVELLO REPARTI ASSEMBLAGGIO	TRW Stabilimento di Livorno
	Reparto GUIDE IDRAULICHE — LINEA 4 - X 2.50	

Mese / anno

1 volta / settimana — 1 volta / 2 settimane — 1 volta al mese

Manutenzione — Ispezione — Pulizia

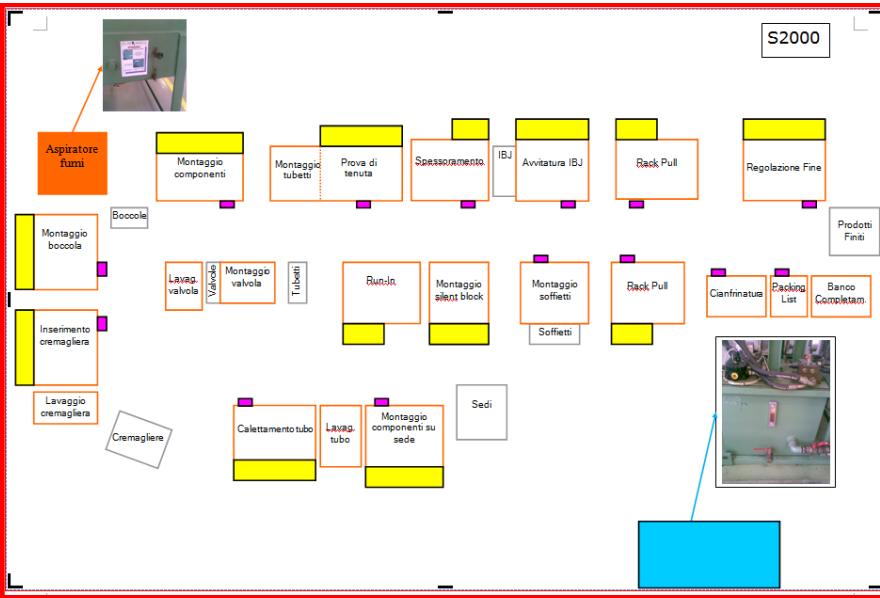
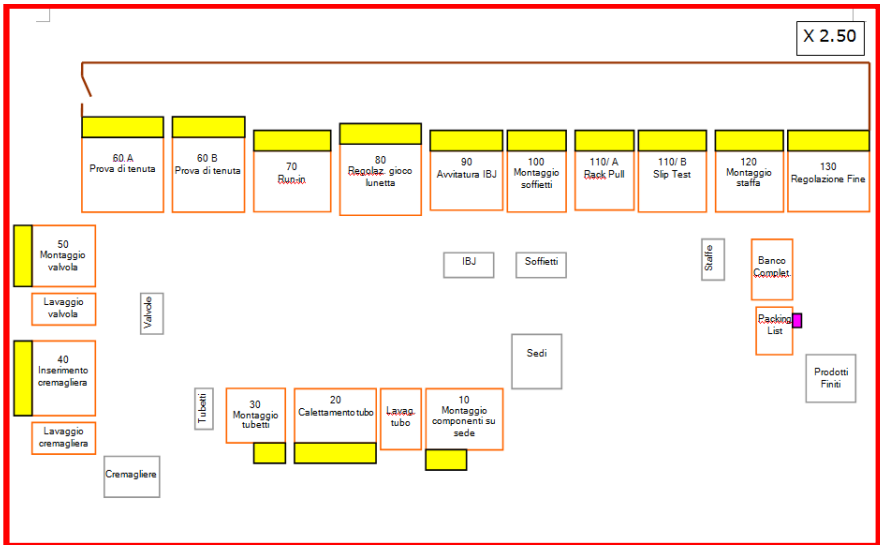
R - ripristino immediato
BM - bolla manutentiva
AC - avvertito capoturno/capoarea

ATTIVITA'		Matr. / Turno / Giorno																Data	Fase	SEGNALAZIONI	R	BM	AC
Fase 10: MONTAGGIO COMPONENTI SU SEDE																							
B.1	Pulizia sensori di presenza	○																					
Fase 20: LAVAGGIO & CALETTAMENTO TUBO																							
A.6	Verifica integrità dosatore ingrassaggio	△																					
B.1	Pulizia sensori di pesenza	○																					
A.1	Controllo integrità cavo cella di carico	△																					
A.2	Verifica integrità cianfrino	△																					
B.2	Pulizia accurata carro porta o'ring	○																					
Fase 30: MONTAGGIO TUBETTI																							
A.2	Verifica integrità spie di avvenuto controllo	△																					
B.1	Pulizia sensore presenza pezzo	○																					

LINEA 4 - X 2.50

2. Istruzioni operative

TRW	ISTRUZIONI ATTIVITA' DI TPM DI I LIVELLO REPARTO GUIDE IDRAULICHE		TRW Stabilimento di Livorno	
ATTIVITA'		DESCRIZIONE	STRUMENTI	DURATA (min)
A		ISPEZIONE		
A.1		Verificare eventuale sfilacciamneto del cavo e nel caso provvedere a ripristino	VISUAL CONTROL	<1
A.2		Verificarne integrità		<1
A.3		Verificare che sia garantito il livello specificato		<1
A.4		Verificare che non ci siano perdite		<1
A.5		Verificarne lo stato di usura		<1
A.6		Verificare che la sonda emetta la corretta dose di grasso		<1
A.7		Controllare che il manometro segni la pressione corretta		<1
A.8	!	Rimozione ghiera esterna, messa in coppia estremità pinza oetiker, rimontaggio.		6
B		PULIZIA		
B.1		Rimozione sporcizia	diluente panno carta	3
B.2		Soffiaggio del grasso ed eventuali trucioli	panno carta diluente pistola aria compressa	4
B.3		Rimozione loctite	diluente panno carta	3
B.4	!	Rimuovere le 6 viti a brugola, rimuovere la scatola, effettuare pulizia e soffiatura del grasso all'interno. Verificare integrità rullini ed eventuale sostituzione	giravite pistola aria compressa panno carta diluente	8
B.5		Rimozione segni di pennarello	diluente olio di gomito panno carta	5
B.6		Rimuovere i residui di prespalmato	diluente utensile affilato	3
B.7	!	Smontare i fissaggi del banco, rimuovere il pannello antistante, raccogliere l'olio.	giravite panno carta diluente	5
C		MANUTENZIONE		
C.1				<1
C.2	!	Smontare i fissaggi del banco, rimuovere il pannello antistante, rimuovere la sporcizia e raccogliere i componenti accumulatisi	giravite	5
C.3		Raccogliere i componenti sul banco e depositarli nelle apposite cassettine		3
C.4	!	Rimuovere le brugole e provvedere alla sostituzione delle manine	giravite	8

3.Schemi visivi

4. Calendario interventi

TRW	CALENDARIO ATTIVITA' DI TPM DEL REPARTO ASSEMBLAGGI												TRW Stabilimento di Livorno
	REPARTO GUIDE IDRAULICHE												
mese	LINEA 4 - X 2.50						LINEA 8 - S 2000						
Giorno	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
Lun	x												
Mar							x						
Mer		x											
Giov								x					
Ven			x		x								
Sab													
Dom													
Lun	x												
Mar							x						
Mer		x											
Giov								x					
Ven									x		x		
Sab													
Dom													
Lun	x												
Mar							x						
Mer		x											
Giov								x					
Ven				x									
Sab													
Dom													
Lun	x												
Mar							x						
Mer		x											
Giov								x					
Ven										x			
Sab													
Dom													
Lun	x												
Mar							x						
Mer		x											
Giov								x					
Ven				x		x							

LEGENDA

- 2 volte a settimana (giallo)
- 2 volte al mese (verde)
- 1 volta al mese (blu)

Bibliografia

Furlanetto, Garetti, Macchi. *Ingegneria della manutenzione*. Milano, Franco Angeli, 2007.

JIPM – Japan Institute of Plant Maintenance. *Applichiamo il TPM - Guida operativa alla realizzazione del Total Productive Maintenance*. Milano, Franco Angeli, 1995.

JIPM – Japan Institute of Plant Maintenance. *Manutenzione autonoma con il TPM*. Milano, Franco Angeli, 1995.

M. Braglia. Dispense del corso di sicurezza e manutenzione degli impianti produttivi. Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Nucleare e della Produzione, Facoltà di Ingegneria, Università di Pisa, 2006.

M. Frosolini. Dispensa sul TPM. Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Nucleare e della Produzione, Facoltà di Ingegneria, Università di Pisa, 2006.

T. Suzuki – *TPM in Process Industries*. Portland, Oregon, Productivity Press, 1996.

Siti internet

http://wiki.gs-m.eu

www.a-zeta.it

www.manutenzionet.com

www.scodanibbio.com

www.giappone-italia.it

www.festo.com

www.manutenzione-online.com

www.trw.com

Ringraziamenti

Un sincero ringraziamento va al Prof. Dini per i suoi preziosi consigli e per la sua disponibilità nel seguirmi durante tutto il lavoro di elaborazione e stesura della tesi.

Voglio poi ringraziare il mio tutor, l'Ing. Sandro Bulleri, che mi ha accolto in azienda, in una realtà dinamica e all'avanguardia, per essere stato un amico con cui ho condiviso un periodo importante del mio percorso universitario.

Ringrazio gli amici della TRW, Leonardo, Mircko, Emiliano, Claudio, Renzo, Andrea, Mirko, Andrea e Samuele, per l'affetto con cui mi hanno accolta e per avermi fatta sentire una di loro.

Ringrazio tutte le persone che ho incontrato in questo cammino universitario e che mi hanno lasciato una parte di loro.

Un ringraziamento speciale va ad Alessio per essermi sempre accanto e per avermi sempre sostenuto.

Ma soprattutto ringrazio la mia famiglia, i miei genitori e le mie sorelle Teresa e Anna, per essermi sempre stati vicini e aiutato a superare tutti gli ostacoli e senza i quali non sarei riuscita a raggiungere questo traguardo.